

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів**

«На правах рукопису»  
УДК 615.831.7

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

«10» грудня 2020р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології  
виробництва приладів»**

**зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
на тему: «Автоматизована система лазерної медицини»**

Виконав:

студентка VI курсу, групи ПБ-92мп

Карпушева Анастасія Геннадіївна

Науковий керівник:

к.т.н., доцент,

Терещенко Микола Федорович

Консультант з розроблення стартап-проекту:

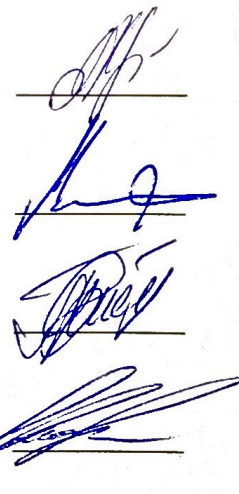
д.е.н., доцент,

Бояринова Катерина Олександрівна

Рецензент:

В.о. зав. каф., д.т.н., проф.

Киричук Юрій Володимирович



Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент                     

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**  
**Кафедра виробництва приладів**

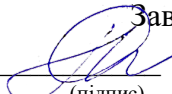
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма (спеціалізація): Комп'ютерно-інтегровані технології  
 виробництва приладів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 В.С. Антокук  
 (підпис) (ініціали, прізвище)

«10» 12 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**Карпушевій Анастасії Геннадіївні**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема дисертації: Автоматизована система лазерної медицини

науковий керівник Терещенко Микола Федорович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2020 р. №\_3227-с

2.Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2020 р.

3.Об'єкт дослідження: Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину.

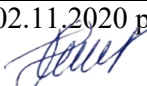
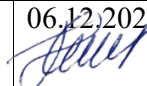
4.Вихідні дані: довжина хвилі  $\lambda = 660 \text{ нм}$  ; максимальна вихідна потужність  $P_B = 50 \text{ мВт.}$ ; джерела живлення – 220 В; 15 Вт.

5.Перелік завдань, які потрібно розробити 1)Огляд, аналіз та класифікація методів та засобів автоматизованих апаратів з лазерним випромінюванням; 2)Розробка нової структурно-функціональної схеми для лазерної медицини; 3) Проведення експерименту по підбору оптичного волокна з покращеними характеристиками 4)Обробка та аналіз отриманих результатів. Висновки.

6.Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Класифікація автоматизованих апаратів та систем лазерної медицини. Структурно-функціональна схема апарату, схема експериментальної установки, результати експерименту та інші.

7.Орієнтовний перелік публікацій: дві наукові статті, патент на корисну модель, тези.

8.Консультанти розділів дисертації


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розроблення стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., доцент	02.11.2020 р. 	06.12.2020 р. 

9.Дата видачі завдання 01 вересня 2020 р.\_\_\_\_\_

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літературних джерел	02.09.2020-09.09.2020	Виконано
2	Постановка задачі дослідження	10.09.2020-13.09.2020	Виконано
3	Розробка класифікації	14.09.2020-30.09.2020	Виконано
4	Розробка АСЛМ та експериментальної установки	01.10.2020-20.10.2020	Виконано
5	Проведення експериментів	21.10.2020-01.11.2020	Виконано
6	Обробка результатів	02.11.2020-21.11.2020	Виконано
7	Підготовка ПЗ	23.11.2020-07.12.2020	Виконано
8	Презентація	08.12.2020	Виконано

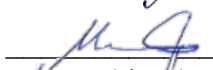
Студент

  
(підпис)

Анастасія Карпушева

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник

  
(підпис)

Микола Терещенко

(ініціали, прізвище)

## **РЕФЕРАТ**

Обсяг роботи: 112 сторінки.

Кількість ілюстрацій: 17 ілюстрацій.

Кількість таблиць: 35 таблиць.

Кількість джерел за переліком посилань: 77 джерел.

### **Мета й завдання дослідження**

**Мета дослідження** – розробка та дослідження автоматизованої системи лазерної медицини, яка є безпечною в проведенні медичних процедур.

### **Завдання дослідження:**

- a. Провести критичний огляд сучасного стану автоматизованих систем лазерної медицини;
- b. Досліджені тенденції розвитку автоматизованих систем;
- c. Шляхи ефективного вирішення проблеми невідповідності заданих параметра лазерного випромінювання в апаратах лазерної терапії дійсним нормованих значень потужності, температури та площинної щільності випромінювання під час процедури.
- d. Дослідження застосування в системах різних типів оптичних волокон.

### **Об'єкт дослідження**

Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину.

### **Предмет дослідження**

Автоматизована медична система лазерної медицини.

### **Методи дослідження**

Під час виконання магістерської дисертації використовувалися загальнонаукові методи дослідження — емпіричні (експеримент, спостереження, опис) та теоретичні (аналіз, синтез, узагальнення, пояснення, класифікація тощо), а також методи математичної статистики, біометрії, системний, функціональний, конкретно-соціологічний.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Встановлені параметри оцінки однорідності площинної щільності лазерного променя з виходу оптичного волокна

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Роботи проводились на основі завдань:

1. Цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017.
2. Договору про співробітництво між ПБФ НТУУ “ КПП ім. І. Сікорського” та ТОВ НМЦ «Мединтех» №5/2014 від 10.07.2014 р.
3. Отримане та впроваджене в виробництво нове технічне рішення «Апарат лазерної та поліхроматичної терапії». (Патент України № 137211).

### **Апробація результатів дисертації.**

Результати досліджень отримані в даній магістерської дисертації були оприлюднені на:

- XIII Міжнародній науково-технічній конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р. Київ, Україна, ПБФ, НТУУ «КПП ім. Ігоря Сікорського», 2020 на секційному засіданні, у доповіді «Автоматизована система лазерної терапії» було представлено огляд існуючих апаратів і зроблена на основі цього класифікація, а також представлено структурну схему автоматизованого апарату.
- XVI Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень в приладобудуванні», 08-09 грудня 2020 р. – К. : ПБФ, КПП ім. Ігоря Сікорського, на секційному засіданні, у доповіді «Автоматизована система лазерної медицини» були представлена структурно-функціональна схема апарату, алгоритм роботи і результати досліджень.

### **Публікації**

1. Карпушева А.Г., Терещенко М. Ф. Автоматизована система лазерної медицини / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 08-09 грудня 2020 р. – К. : ПБФ, КПП ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2020.

2. Карпушева А.Г., Терещенко М. Ф. Автоматизована система лазерної терапії / Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р. – К. : ПБФ, КПП ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.196-199.

3. Карпушева А. Г. Аппарат полихроматической и лазерной терапии / А. Г. Карпушева, Н. Ф. Терещенко. // Новые направления развития приборостроения // Материалы 12-й Международной научно-технической конфер. молодых ученых и студ. 17-20 апреля 2020 г. / Минск, БНТУ, 2020,-с.260-261.

4. Патент України №137211 від 10.10.2020 р. Апарат лазерної та поліхроматичної терапії / Терещенко М.Ф., Карпушева А.Г.,Шмендель О. Г., Чухраєв М.В.

## **Abstract**

This dissertation include pages, illustrations, tables, sources.

### **The purpose and objectives of the study**

**The purpose of the study** is to develop an automated system of laser medicine, which simplifies and ensures the conduct of medical procedures.

### **Objectives of the study:**

- a. To review the current state of laser therapy devices used in medicine;
- b. The tendencies of development of devices are investigated;
- c. Ways to effectively solve the problem of inconsistency of the set parameters of laser radiation in laser therapy devices with the actual normalized values of power, temperature and planar density of radiation during the procedure.
- d. Research of different types of optical fibers

### **Object of study**

The effect of laser radiation on biological tissue.

### **Subject of study**

Automated medical system of laser medicine.

### **Research methods**

During the master's dissertation general scientific research methods were used - empirical (experiment, observation, description) and theoretical (analysis, synthesis, generalization, explanation, classification, etc.), as well as systemic, functional, specific sociological.

### **Scientific novelty of the obtained results**

A new structural and functional scheme for laser medicine has been developed with the addition of new units to improve and ensure work with the device.

**The practical significance of the obtained results.**

The works were carried out on the basis of tasks:

1. Target research program of the NAS of Ukraine "Materials for medicine and medical equipment and technology for their production and use" for 2017-2021, approved by the Resolution of the Presidium of the NAS of Ukraine №76 from 15.03.2017.

2. Agreement on cooperation between PBF NTUU "KPI. I. Sikorsky" and LLC NMC "Medintech" №5 / 2014 dated 10.07.2014

3. A new technical solution "Laser and polychromatic therapy apparatus" is proposed.

(Patent of Ukraine № 137211).



## Зміст

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ , СИМВОЛІВ ТА ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>11</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>12</b>
<b>I. РОЗДІЛ 1. ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Лазерна діагностика .....	13
1.2. Лазерна терапія .....	14
1.3. Фотодинамічна терапія.....	16
1.4. Лазерна хірургія .....	17
1.5. Основні типи лазерів, що застосовуються в медицині.....	19
Висновки до розділу 1.....	22
<b>Розділ II. ВЗАЄМОДІЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З</b>	
<b>БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ.....</b>	<b>23</b>
2.1. Оптичні властивості тканини .....	23
2.2. Оптичний та термічний перенос енергії.....	28
Висновки до розділу 2.....	32
<b>РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ .....</b>	<b>33</b>
3.1. Огляд,аналіз та класифікація сучасних автоматизованих лазерних апаратів .....	33
3.2. Використання оптичних волокон в системі лазерної медицини.....	35
3.3 Розробка автоматизованої системи для лазерної медицини .....	44
Висновки до розділу 3.....	46
<b>РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Автоматизована система для лазерної медицини» .....</b>	<b>47</b>
4.1 Опис ідеї проекту та технологічний аудит ідеї проекту .....	47
4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	52

<b>4.3. Розроблення ринкової програми та маркетингової стратегії проекту</b>	<b>58</b>
<b>4.4 Організація реалізації стартап-проекту .....</b>	<b>63</b>
<b>Висновки до розділу 4.....</b>	<b>66</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>67</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>68</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>78</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>79</b>
<b>ДОДАТОК В.....</b>	<b>102</b>
<b>ДОДАТОК Г.....</b>	<b>104</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ , СИМВОЛІВ ТА ТЕРМІНІВ**

АСЛМ – автоматизована система лазерної медицини;

ЛВ – лазерне випромінювання;

ФДТ – фотодинамічна терапія;

БТ – біологічні тканини;

УФ – ультрафіолетове;

ІЧ – інфрачервоне;

## ВСТУП

Дія лазерного випромінювання на біологічний матеріал обумовлено взаємодією фотонів з молекулами і з'єднаннями молекул тканини, наступними молекулярними процесами і біологічними реакціями.

Характер і інтенсивність впливу випромінювання на біотканини залежать:

- від властивостей лазерного випромінювання (довжина хвилі  $\lambda$ , щільність потужності випромінювання  $q$ , тривалість опромінення  $\tau$ , частота повторення впливу  $f$ ),
- від властивостей біологічної тканини. При цьому принципово важливими є два комплекси властивостей тканини: оптичні властивості і теплофізичні властивості.

Автоматизовані системи і апарати для лазерної медицини належать до числа нових в медицині пристроїв, поява яких пов'язана з технологічними розробками в області автоматизації, оптичної фізики, біоінженерії та фізіології. Будучи результатом інтеграції декількох сфер науки, лазерні апарати показують високу ефективність в лікуванні декількох сотень захворювань.

У боротьбі з інфекційними захворюваннями, хворобами серця і судин, органами дихання, травлення, ендокринних і сечостатевої систем досягаються позитивні результати завдяки комплексному впливу світла, тепла, резонансного зворотного зв'язку в тандемі з гнучкістю оздоровчих програм і точним доступом до внутрішніх органів. На сьогоднішній день всі галузі медицини освоюють можливості лазерного впливу на організм.

Розвиток напрямку автоматизації, в свою чергу, мінімізує дію людського фактор під час проведення медичних процедур та маніпуляцій, що на даний момент є, на жаль, вагомою причиною суттєвої кількості невдалих операцій, а також лікарських травм спричиненими неналежними медичним втручанням.

# I. РОЗДІЛ 1. ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

## 1.1. Лазерна діагностика

В діагностиці лазерне випромінювання може використовуватися як поза організмом (*ex vivo*), так і для прямого аналізу органів і тканин пацієнта (*in vivo*).

Застосування *ex vivo* виглядає так: через тонкий кварцевий капіляр прокачується спеціально оброблена кров (див. рис.1.1). Випромінювання лазера направляється на прозорий капіляр і викликає флюоресценцію клітин крові. Флюоресцентні світіння вловлюється чутливими датчиками. Це світіння специфічно для кожного типу клітин крові, що проходять поодиноці в області лазерної засвічення. Тому є можливість підрахувати їх кількість в заданому обсязі крові, а також отримувати з високою точністю кількісні показники по кожному типу клітин. Цей принцип використаний в приладі, який називається гемоцитометр. Продуктивність цього приладу в сотні разів перевищує продуктивність аналізу крові в лабораторії традиційним способом. І точність, і об'єктивність результатів також істотно вище[1].

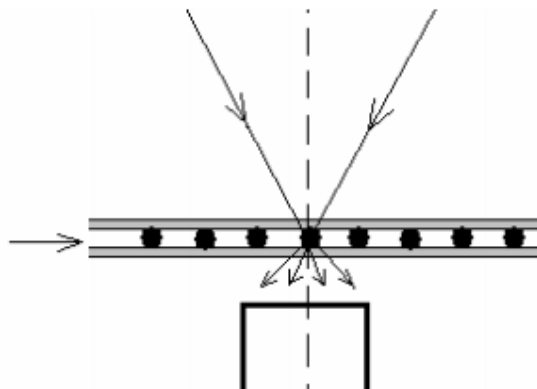


Рис.1.1. Застосування лазерного випромінювання для діагностики крові.

Ще більш досконалим діагностичним лазерним аналізатором є проточний флуориметр, в якому клітини перед прогоном через капіляр фарбуються спеціальними барвниками, так що з'являється можливість не тільки дослідити окремі типи, а й різновиди типів клітин крові. При цьому можливий аналіз не тільки клітин

крові, але і будь-яких інших клітинних елементів, виділених з будь-яких тканин організму для діагностики.

Діагностика *in vivo* - нова і перспективна область лазерної медицини. Її практична реалізація ще тільки починається, і більшість досліджень знаходяться в стадії експериментальної розробки і випробувань. Існує декілька прикладів діагностики *in vivo*[2].

1. Промінь CdNe лазера (УФ,  $\lambda = 327$  нм) пропускається через кварцевий світловод по судинному катетеру і націлюється на досліджувану тканину, наприклад, серцевого м'яза. Флюоресцентні світіння тканини, що відбувається в результаті впливу лазерного випромінювання, вловлюється через той ж світловод. За інтенсивністю флюоресцентного світіння можна судити про концентрацію в тканині різних компонентів, що визначають її життєдіяльність.

2. Промінь ексимерного ХеСІ лазера,  $\lambda = 308$  нм використовується для видалення атеросклеротичних бляшок у кровоносних судинах. Діагностика полягає в тому, що одночасно з обробкою проводиться аналіз флюоресцентного випромінювання від бляшки, що руйнується під дією випромінювання. Такий аналіз дозволяє виявити наявність відкладень кальцію, магнію, а також ліпідів. Це дає можливість контролювати хід операції і судити про ефективність видалення цих компонентів з ураженої судини.

3. Лазерна діагностика може використовуватися в інших областях, зокрема, в стоматології для диференціації каріогенного дентину зуба від нормального, лазерної діагностики очного дна (дослідження судинної системи), флюоресцентної ангиографії, голографічної діагностики.

## **1.2. Лазерна терапія**

Практично з початку використання лазерів відомо оздоровчу дію лазерного випромінювання низької інтенсивності. Спочатку переважно використовувався з цією метою HeNe лазер. Вплив виробляється на

акупунктурні точки, на області Захар'їна - Геда (проекції на шкірі людини його внутрішніх органів), на біологічно активні точки, області стопи і долоні (рис. 1.2 – 1.3), області хребта і т.п. При ряді захворювань використовується опромінення крові. Механізми лікувального ефекту лазерної терапії не завжди і не цілком ясні. Проте, відомо їх оздоровче дію, протизапальну дію, підвищення імунітету, структурні зміни, активація макромолекул РНК, ДНК, а також відсутність несприятливих наслідків при їх застосуванні. Тому метод лазерної терапії вважається перспективний[3-5].

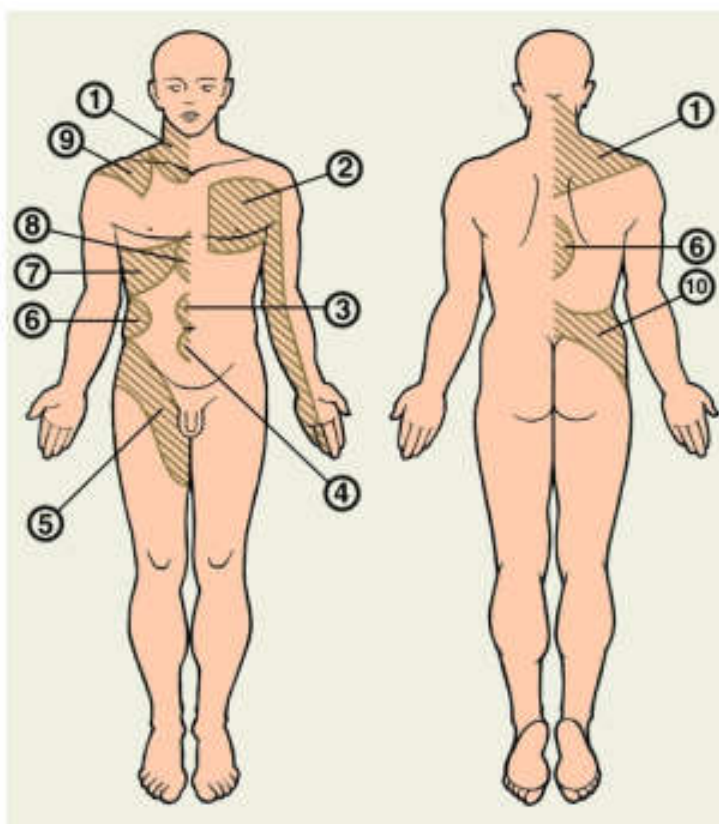


Рисунок 1.2. Зони Захар'їна-Геда, відповідність областей на поверхні шкіри і органів: легені і бронхи (1), серце (2), кишечник (3), сечовий міхур (4), сечоводи (5), нирки (6), печінку (7 і 9), шлунок і підшлункова залоза (8), сечостатева система (10)

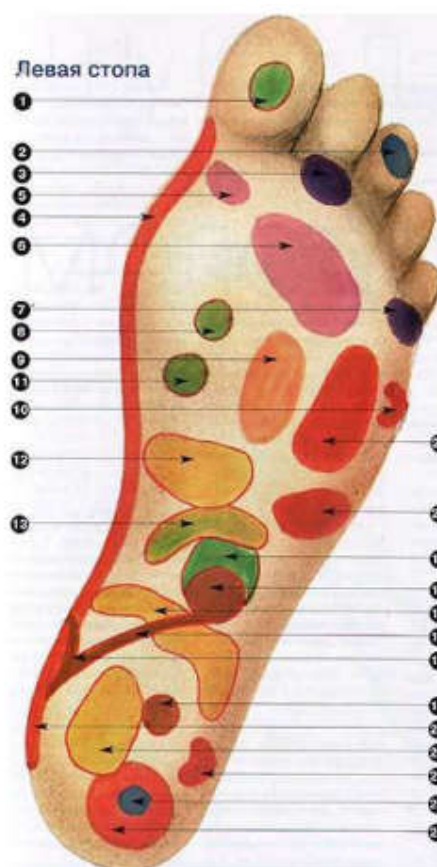


Рис. 1.3. Проекції тіла на стопі: 1 - гіпофіз, 2 - мозок, 3 - очі, 4 - шийний відділ хребта, 5 - трахея, 6 - легкі, 7 - вуха, 8 - щитовидна залоза, 9 - тимус, (Вилочкова залоза) 10 - плечі, 11 - паращитовидної залози, 12 - шлунок, 13 - панкреас, 14 - наднирники, 15 - нирки, 16 - кишечник, 17 - сечоводи, 18 - сечовий міхур, 20 – статева сфера, 20 - тонкий кишечник, 21 - стегна і коліна, 22 – крижовий відділ хребта, 23 - сідничний нерв, 24 - кісткова система, 25 - печінка (тільки на правій стопі), 26 - жовчний міхур (Тільки на правій стопі), 27 - апендикс (тільки на правій стопі), 28 - серце (тільки на лівій стопі), 29 - селезінка (тільки на лівій стопі)

### 1.3. Фотодинамічна терапія

Деякі злоякісні пухлини (первинний рак головного і спинного мозку, підшлункової та щитовидної залоз, метастази раку печінки і ін.) здатні концентрувати в собі молекули деяких фоточутливих з'єднань, які попередньо вводять через кровоносні судини. При опроміненні тканини, акумулювати в собі Фоточутливі з'єднання - фотосенсибілізатор - лазерним випромінюванням,



довжина хвилі випромінювання якого відповідає області сильного поглинання сенсibilізатора, відбувається його розпад. При цьому виділяються вільні радикали, токсичні для живих клітин. На цьому принципі заснована фотодинамічна терапія[6].

Спочатку хворому вводять відповідний фотосенсibilізатор, потім через світловод (або при шкірних патологіях безпосередньо) виробляють опромінення пухлини[7]. В результаті розкладання фотосенсibilізатора і масивного виділення токсичних продуктів клітини злоякісної пухлини гинуть, а навколишні їхні здорові клітини залишаються живими, так як на них речовина сенсibilізатора практично не адсорбується[8-9]. Цей метод інтенсивно розробляється і впроваджується в клініках США, Західної Європи, Японії та Росії.

#### **1.4. Лазерна хірургія**

У всіх випадках, розглянутих вище, використовується лазерне випромінювання низької потужності, при якій випромінювання не завдає безпосереднього пошкодження тканини і клітин живого організму. при лазерної хірургії руйнування тканини відбувається безпосередньо в процесі впливу[10-12].

Основні показання до застосування лазерів в хірургії:

- мікрохірургічні операції (зокрема на оці),
- видалення невеликих пухлин,
- операції, що вимагають виборчого впливу (пігментні плями, винні плями, інші підшкірні освіти, наприклад, татування),
- реканалізація судин, проходів,
- зупинка кровотеч і операції на кровенасищених органах,
- зварювання тканин.

У лазерної хірургії використовуються досить потужні лазери, щільність потужності випромінювання яких достатня для видалення, руйнування або термічного некрозу клітин, тканин або інших об'єктів, що підлягають ліквідації. Саме в області лазерної хірургії досягнутий великий прогрес - порівняно з іншими областями лазерної медицини[13].

Методи лазерної хірургії:

- безпосереднє видалення речовини (абляція),
- коагуляція,
- зварювання (з'єднання),
- дроблення (за допомогою ударної хвилі).

Необхідно відзначити, що небажано застосування лазера як ріжучого інструменту при розтині шкіри, м'язів і внутрішніх порожнистих органів, так як на відміну від звичайного ріжучого інструменту вплив випромінювання викликає крайове пошкодження структур, що сповільнило б загоєння, викликало б появу рубців[14]. Проте, область застосування лазерів в хірургії виключно широка. Наведемо короткий (і природно не вичерпний) огляд основних областей застосування лазерів в хірургії[15].

Всі операції характеризуються або відкритим доступом до об'єкту втручання, або доступ забезпечується шляхом попереднього розсічення і розсовування тканин. Існують також ендоскопічні операції, коли доступ до об'єкта здійснюється через природні отвори (стравохід, трахея, порожнину носа і т. Д.) Або через невеликі проколи, в які потім вводяться зонди для підведення хірургічних інструментів[16-20]. Такі операції дуже перспективні, тому що вони менш травматичні і в ряді випадків навіть не вимагають знеболення за місцем проведення основної процедури. У лазерних ендоскопічних операціях лазерне випромінювання з заданими параметрами вводиться по катетеру через гнучкий світловод[21].

### 1.5. Основні типи лазерів, що застосовуються в медицині

Велика розмаїтість розглянутих вище застосувань лазерних технологій в медицині, широкий діапазон оптичних і теплофізичних властивостей різних біологічних тканин визначають різноманітність режимів, необхідних для обробки біотканин, і відповідно, велика різноманітність використовуваних лазерів. Відзначимо, що для біологічних тканин властивий резонансний характер поглинання випромінювання, що вимагає можливості забезпечення точного підбору необхідної довжини хвилі лазерного випромінювання. Тому питання вибору лазера для конкретного медичного застосування є досить принциповим[24]. У таблиці 1.1. наведені основні типи лазерів, що традиційно застосовуються для лазерної медицини[25].

Таблиця 1.1. Основні типи лазерів, що традиційно використовуються в лазерній медицині

Тип лазера	Довжина хвилі		Максимальна потужність
	Основна	Інші можливі	
Nd:	1,06 мкм	0,53 мкм 0,355 мкм 0,266 мкм	
CO <sub>2</sub>	10,6 мкм	9,6 мкм	
He-Ne	633нм	3,391 мкм- ИК 543 нм – зелений 594 нм – жовтий 604 нм – помаранчевий 612 нм - помаранчевий	100 мВт
Ar	488 нм – блакитний 515 нм – зелений	Ряд дискретних ліній в діапазоні 350-530 нм	30 Вт

		(УФ-зеленій)	
Kr	530 нм – зеленій 568 нм – жовто-зеленій 676 нм – червоний	Ряд дискретних діній в діапазоні 350-800 нм (УФ-ИК)	10 Вт
На барвниках	400-900 нм змінна в діапазоні шириною 500-100 нм для кожного лазера		

Надалі до перерахованих лазерів були додані також ексімерні лазери (таблиця 1.2.), що працюють в УФ діапазоні довжин хвиль, а також імпульсні твердотільні лазери (таблиця 1.3.), що працюють в середньому ІЧ діапазоні[26-27]. В останні роки в лазерної медицини широко застосовуються напівпровідникові лазери, технологічно доцільним виявилось застосування хвилеводних лазерів[28].

Табл. 1.2. Ексімерні лазери

Газова суміш	Довжина хвилі, нм	Енергія в імпульсі, мДж
F <sub>2</sub>	157	5
ArF	203	200
KrCl	223	35
KrF	248	250
XeCl	308	180
XeF	351	80

Таблиця 3. Імпульсні твердотільні лазери в середньому ІЧ діапазоні з добавками тулію, гольмію, ербію.

Тип іона	Tu <sup>3+</sup>	Ho <sup>3+</sup>	Er <sup>3+</sup>
Довжина хвилі, мкм	2,01	2,12	2,78; 2,94
Глибина проникнення в воду, мкм	200	4	5

## Висновки до розділу 1

Сучасна медицина все активніше застосовує методологію лазерного випромінювання при лікуванні найрізноманітніших захворювань. Така тенденція пов'язана з тим, що використання апаратів для лазерної терапії не тільки дає значні результати, але і не має несприятливих побічних ефектів. Сьогодні лікарі та дослідники всього світу старанно працюють над удосконаленням лазерних технологій, застосовуваних в медичних цілях.

Як бачимо з огляду теоретичних праць основними точками інтересу є: лазерна діагностика, лазерна та фотодинамічна терапія, та найбільш суспільно-відома, лазерна хірургія. В цілях роботи, дані щодо ролі лазера в кожній з цих сфер медичинської практики надають розуміння щодо функціональної ролі лазера в залежності від певної сфери. Серед іншої інформації виокремлюються не тільки позитивні ефекти, а і ризики використання лазерної технології у відповідних під-галузях медицини.

Класифікація лазерів побудована на варіативності таких показників як потужність, та довжина хвилі (в залежності від яких змінюється і цільове призначення лазера). Для деяких типів лазерів поряд із попередніми показниками важливий також тип діючої суміші, від якого залежать довжина хвилі та енергія в імпульсі.

Вивчений матеріал надав підстави для подальшого вибору експериментальних лазерних прототипів, а також надав теоретичне підґрунтя запропонованим технологічним покращенням.

## **Розділ II. ВЗАЄМОДІЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ**

### **2.1. Оптичні властивості тканини**

При падінні пучка лазерного випромінювання на поверхню біологічної тканини можуть спостерігатися відображення, поглинання, розсіювання і пропускання. Розглянемо, як це відбувається, на прикладі падіння випромінювання на поверхню шкіри[30]. Шкіра складається з рогового шару (товщиною 10 – 200 мкм), епідермісу (40 - 150 мкм) і дерми (1000 - 4000 мкм). Безпосередньо від поверхні зазвичай відбивається невелика частка випромінювання.

В роговий шар проникає лазерне випромінювання в роговий шар, де частково поглинається, частково розсіюється, частково проходить в епідерміс. В епідермісі відбувається в тому самому порядку та проникає в дерму. У дермі випромінювання також частково поглинається та розсіюється. Частина розсіяного випромінювання виходить над поверхнею шкіри, утворюючи дифузне відбите випромінювання[31-35].

Таким чином, істотною особливістю поширення випромінювання в біологічній тканині є розсіювання випромінювання, яке може бути значним. Розсіювання випромінювання в біологічній тканині відбувається внаслідок того, що структура біологічної тканини має неомогенний характер, пористу структуру і визначається різними показниками заломлення у різних осередків та у осередків і навколишнім середовищем. розсіювання в біологічній тканині залежить від довжини хвилі лазерного випромінювання[36-37].

Поглинання випромінювання також залежить від довжини хвилі випромінювання (див. рис. 2.1.)[38].

Табл. 2.1. Якісні характеристики розсіювання випромінювання в біологічній тканині

Тип лазера	Область спектру, мкм	Глибина проникнення випромінювання	Розсіювання
Експериментальний лазер УФ діапазону	УФ 0,203; 0,248; 0,308; 0,351	1-20 мкм	мале
Ar	0,450 – 0,590	0,5 – 2,5 мм	Значне (15-40%)
Nd:	0.590 – 1.5	2 – 8 мм	Домінює
Er: ; CO <sub>2</sub>	ІЧ 2,9; 10,6	1-20 мкм	Мале

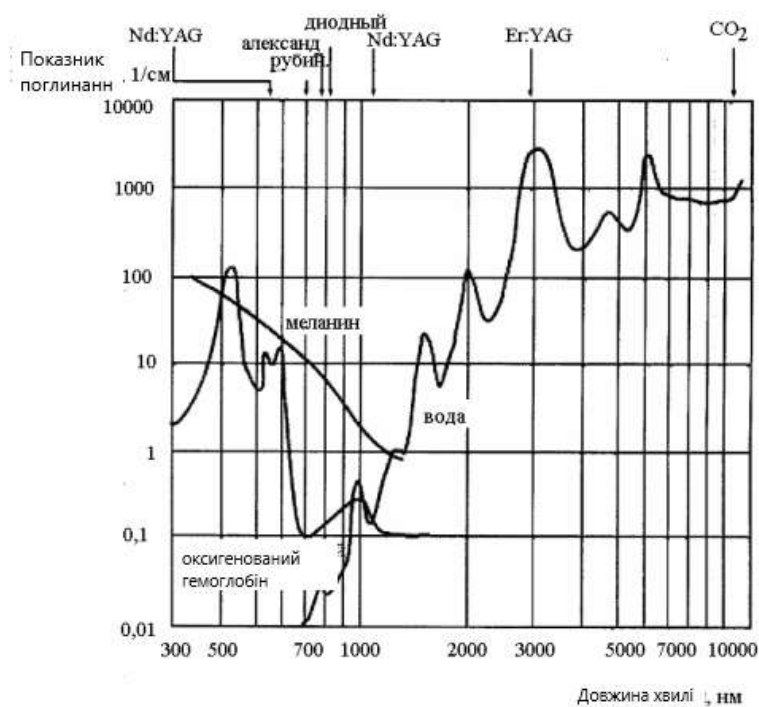


Рис. 2.1. Спектр поглинання основних хромофорів БТ



В УФ, видимій та ближній ІЧ області спектра лазерне випромінювання поглинається в основному електронами атомів і потім перетворюється в тепло при безизлучательной релаксації. У середній і далекій ІЧ області випромінювання поглинається порушенням обертального і коливального станів молекул[39-40]. За допомогою атомарного і молекулярного поглинання і подальшої релаксації збуджених частинок оптична енергія перетворюється в теплову. У діапазоні від 600 нм до 1200 нм випромінювання глибше проникає в тканину, з мінімальними втратами на розсіювання і поглинання. У цьому діапазоні можна досягти глибоко розташованих об'єктів [41].

Застосування лазерів залежить від спектральної поглинання біологічних тканин. Такі лазери як Ar лазер, лазери на барвниках, Nd: , Nd: з подвоєнням частоти діють переважно на гемоглобін, меланін та інші органічні речовини і тому мають коагуляційний ефект. CO<sub>2</sub> і Er: ( $\lambda = 2,9$  мкм) лазери через високого поглинання їх випромінювання водою підходять для розтину тканин[42-47]. Вообщє в УФ, видимій та ближній ІЧ області спектра лазерне випромінювання поглинається в основному електронами атомів і потім перетворюється в тепло при безизлучательной релаксації. У середній і далекій ІЧ області випромінювання поглинається порушенням обертального і коливального станів молекул. За допомогою атомарного і молекулярного поглинання і подальшої релаксації збуджених частинок оптична енергія перетворюється в теплову. У діапазоні від 600 нм до 1200 нм випромінювання глибше проникає в тканину, з мінімальними втратами на розсіювання і поглинання. У цьому діапазоні можна досягти глибоко розташованих об'єктів.

Табл.2.2. Поглинання лазерного випромінювання водою та кров'ю

Лазер	Показник поглинання, см <sup>-1</sup>		Середня глибина проникнення	
	Вода	Кров	Вода	Кров
CO <sub>2</sub>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 мкм	10мкм

Nd:	$10^{-1}$	4	10 см	<2 мм
Ar	$10^{-3}$	330	10 м	30 мкм

Як випливає з таблиці 2.2, випромінювання CO<sub>2</sub> лазера проникає в тканини на глибину всього лише 10 мкм. Вся його потужність поглинається в поверхневих пористих шарах. Випромінювання даній операції вільно поширюється в воді, але в крові поглинається у верхньому шарі товщиною кілька десятків мікрон. Nd: лазер займає проміжне положення при поширенні випромінювання в воді, в крові поглинання йде в шарі кілька міліметрів[50].

Для успішного використання лазерів в медицині і розширення областей їх застосування важливими є спектральні характеристики поглинання різних тканин. На їх основі можна передбачити ефективність застосування різних лазерів і вибрати оптимальний. Для отримання спектральних характеристик поглинання випромінювання в тканинах використовуються методи оптичної спектроскопії. Зазвичай користуються спектрами пропускання, так як їх простіше отримати. але необхідно завжди пам'ятати про те, що в біологічних тканинах можливо інтенсивне розсіювання випромінювання. Воно, так само, як і поглинання, вносить свій внесок у зменшення пропускання. Наприклад, при впливі випромінювання Nd: лазера на кров невелика глибина проникнення випромінювання определяется не поглинає властивостями гемоглобіну, а інтенсивним розсіюванням випромінювання на клітинних елементах крові[51]. Як випливає з таблиці, випромінювання CO<sub>2</sub> лазера проникає в тканини на глибину всього лише 10 мкм. Вся його потужність поглинається в поверхневих пористих шарах. Випромінювання даній операції вільно поширюється в воді, але в крові поглинається у верхньому шарі товщиною кілька десятків мікрон. Nd: лазер займає проміжне положення при поширенні випромінювання в воді, в крові поглинання йде в шарі кілька міліметрів[52-53].

Для успішного використання лазерів в медицині і розширення областей їх застосування важливими є спектральні характеристики поглинання різних тканин. На

їх основі можна передбачити ефективність застосування різних лазерів і вибрати оптимальний. Для отримання спектральних характеристик поглинання випромінювання в тканинах використовуються методи оптичної спектроскопії. Зазвичай користуються спектрами пропускання, так як їх простіше отримати. але необхідно завжди пам'ятати про те, що в біологічних тканинах можливо інтенсивне розсіювання випромінювання. Воно, так само, як і поглинання, вносить свій внесок у зменшення пропускання. Наприклад, при впливі випромінювання Nd: лазера на кров невелика глибина проникнення випромінювання визначає ся не поглинає властивостями гемоглобіну, а інтенсивним розсіюванням випромінювання на клітинних елементах крові[54-60].

Таблиця 2.3. Нормальні ( $\alpha$ ) і скориговані на розсіювання ( $\alpha^*$ ) показники поглинання і глибини проникнення в м'яку тканину лазерного випромінювання.

Довжина хвилі	Показник поглинання		Оптична глибина проникнення	
$\lambda$ , нм	$\alpha$ , $\text{см}^{-1}$	$\alpha^*$ , $\text{см}^{-1}$	$1/\alpha$ , мкм	$1/\alpha^*$ , мкм
193	>400	>5000	<25	2
248	600	1670	17	2
308	200	170	50	6
351	40	42	250	60
532	12	5	830	240
1064	4		1500	1900
1320	8		1250	
2060	35		286	
2700	1000		10	
2940	>2700		<4	
9600	700		14	
10600	600		17	

## 2.2. Оптичний та термічний перенос енергії

Біологічні тканини внаслідок свого складного складу відрізняються широким спектральним діапазоном показника поглинання  $\alpha$ , відповідно, глибини проникнення випромінювання. Глибина проникнення випромінювання  $L_{\text{опт}}$ :  $1 / \alpha$  змінюється від мікронного діапазону (Для жорсткого УФ і дальньої та середньої ІЧ області - Er, CO<sub>2</sub> лазери) до міліметрового діапазону (видима область) і сантиметрового діапазону (ближній ІЧ діапазон Nd: лазер)[61].

Розмір шару, прогрітого за рахунок теплопровідності, становить величину  $l_{\text{терм}} \approx 2 \cdot \sqrt{\alpha \tau}$ . Розглянемо величину  $\alpha$  для біотканей. Температуропровідності мало різняться для різних м'яких біотканей  $\alpha \approx 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 / \text{с}$ . Тривалість дії в різних медичних додатках змінюється також в дуже широких межах: від наносекунд до десятків хвилин і навіть більше[62]. Відповідні значення глибини проникнення енергії в тканину за рахунок теплопровідності наведені в таблиці 2.4[63].

Таким чином, в залежності від довжини хвилі використовуваного випромінювання, може переважати або оптичний перенесення енергії, глибина проникнення випромінювання  $l_{\text{опт}} > l_{\text{терм}}$  (наприклад, при опроміненні тканини випромінюванням Nd: лазера  $\lambda = 1,06 \text{ мкм}$  при тривалості впливу менше хвилини), або перенесення енергії за рахунок теплопровідності – термічний перенесення енергії  $l_{\text{терм}} > l_{\text{опт}}$  (наприклад, при використанні CO<sub>2</sub> лазера при тривалості впливу  $\tau > 1 \text{ мс}$ )[64].

Діаграма, яка визначає області значень довжини хвилі випромінювання і тривалості впливу, при яких переважає оптичний або термічний перенос енергії вглиб тканини, наведена на малюнку 2.2[65].

Таблиця 2.4. Оціночні значення термічної глибини проникнення енергії в біологічні тканини для різних довготривалих впливах випромінювання.

Довготривалість впливу	Термічна глибина проникнення
1 нс	0,02 мкм
1 смкс	0,7 мкм
1 мс	23 мкм
1 с	0,72 мм
1 мин	5 мм



Рис. 2.2 Залежність товщини шару пошкоджень в біоткани від тривалості впливу і довжини хвилі випромінювання.

Повна глибина проникнення енергії випромінювання в біотканини  $l = \max. \{l_{\text{опт}}, l_{\text{терм}}\}$ . Ця величина характеризує розмір області ушкоджень в біоткани, зокрема, товщину шару коагуляції.

При оптичному перенесення енергії глибина проникнення енергії не залежить від тривалості впливу, а визначається тільки щільністю енергії, вкладеної в опромінену область[67]. Зрозуміло, що таке уявлення вірно до тих пір, поки

перенесення енергії оптичний, тобто до значень  $\tau$  таких, що  $2 \sqrt{a \tau} = 1$  опт =  $1 / \alpha$ . При термічному перенесення енергії глибина проникнення енергії значно залежить від тривалості впливу, а також від щільності потужності лазерного випромінювання.

Отже, якщо нам необхідно зменшити товщину шару коагуляції, то це можна зробити, якщо перенесення енергії термічний, зменшенням тривалості впливу, якщо збільшити - збільшенням тривалості впливу. В УФ області ( $\lambda < 350$  нм) і ІЧ області ( $\lambda > 1,8$  мкм) товщину нагрітого шару можна зменшити застосуванням імпульсів тривалістю  $\tau$ : 1 мс. Подальше зменшення тривалості впливу не целесообразно, так як починає переважати оптичний перенесення енергії[68]. Тільки для окремих довжин хвиль (193 нм, 248 нм і 2,9 мкм), де поглинання випромінювання дуже сильне, доцільно зменшити тривалості впливу до 1 мкс, щоб забезпечити мінімально можливу прикордонну зону в межах декількох мікрон. В області великих глибин проникнення між 500 нм і 1,5 мкм можуть бути застосовані тривалості імпульсу секундного діапазону.

Все вище перераховане передбачає, що аблірований матеріал повністю видаляється після закінчення імпульсу випромінювання. Але це відбувається тільки при обробці вільної поверхні. При роботі у вузьких каналах невидаленого з каналу аблірований матеріал служить додатковим джерелом енергії, підігрівуючи розташовані нижче шари матеріалу. Таким чином, товщина коагулированного шару збільшується[69].

Окремо розглянемо випадок імпульсно-періодичного впливу. Повторний вплив імпульсів можуть розширити прикордонну область. Це вплив збільшується при збільшенні частоти повторення імпульсів і тривалості імпульсів. Таке додаткове розширення термічно зміненої прикордонної зони можна оцінити лише приблизно.

Необхідні для видалення матеріалу параметри лазерного впливу при імпульсному впливі будуть різними для оптичного та термічного перенесення енергії. При оптичному перенесення енергії, який реалізується, коли тривалість імпульсів і частота їх проходження невеликі, так що не відбувається ефекту накопичення тепла

від імпульсу до імпульсу, результат впливу визначається сумарною поглинутою енергією[70]. Зі збільшенням тривалості імпульсів або частоти їх прямування перенесення енергії стає переважно термічним. при цьому основним параметром, що визначає можливість видалення матеріалу, стає середня потужність впливу[71].

## Висновки до розділу 2

Внаслідок проведених експериментів ми підтвердили, що використання лазерних технологій в медицині кардинально відрізняється від будь-якої іншої сфери застосування, адже під час взаємодії з біологічними тканинами спостерігаються наступні ефекти:

- розсіювання випромінювання (до 60%), що спричинено неомогеним характером структури таких тканин.
- інтенсивність поглинання лазерного випромінювання тканиною залежить від типу тканини
- окремі типи лазерів ефективніше взаємодіють з окремими типами тканин.

Таким чином основним критерієм успішності використання лазерів у медицині є вдале поєднання окремого виду лазера із відповідною йому біологічною тканиною.



## РОЗДІЛ III. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ

### 3.1. Огляд,аналіз та класифікація сучасних автоматизованих лазерних апаратів

На відміну від інших апаратів, апарат для лазерної медицини відрізняється унікальним поєднанням глибини проникнення, потужності і площі покриття, а також впливає точковим чином на уражені зони завдяки направленому, вузькому променю. Лікування лазером абсолютно безпечно і унікальне за своєю природою[72-73]. Світло, яке поглинається при впливі низькими потужностями(терапевтичний діапазон, не завдає жодної шкоди клітинам, викликаючи їх біохімічну стимуляцію, в результаті природні сили організму мобілізуються і включаються механізми саморегуляції. Лазерний промінь не порушує поверхню шкіри, а сама процедура є безболісною[74].

Основна перевага приладів цього класу полягає в потужній резонансно-стимулюючій дії на клітинний імунітет, периферійне кровопостачання і тонус біологічних тканин, тепловому і бактерицидну ефекти[75]. Дана категорія виробів досить різноманітна і представлена десятками приладів, що генерують різні типи випромінювання в декількох спектрах. Диференціюються і режими лікування: від слабкого, м'яко стимулює імунітет і клітинні реакції, до інтенсивного, з вираженими протизапальними і протинабрякову властивостями. У клінічній практиці найбільшого поширення набули апарати на основі гелій-неонового випромінювання і напівпровідникових джерел з постійною або імпульсною подачею світла. Поступово освоюють фізіотерапевтичну сферу інноваційні прилади з багатобарвним випромінюванням, що генерують хвилі в різних діапазонах (Рис. 3.1)[76].

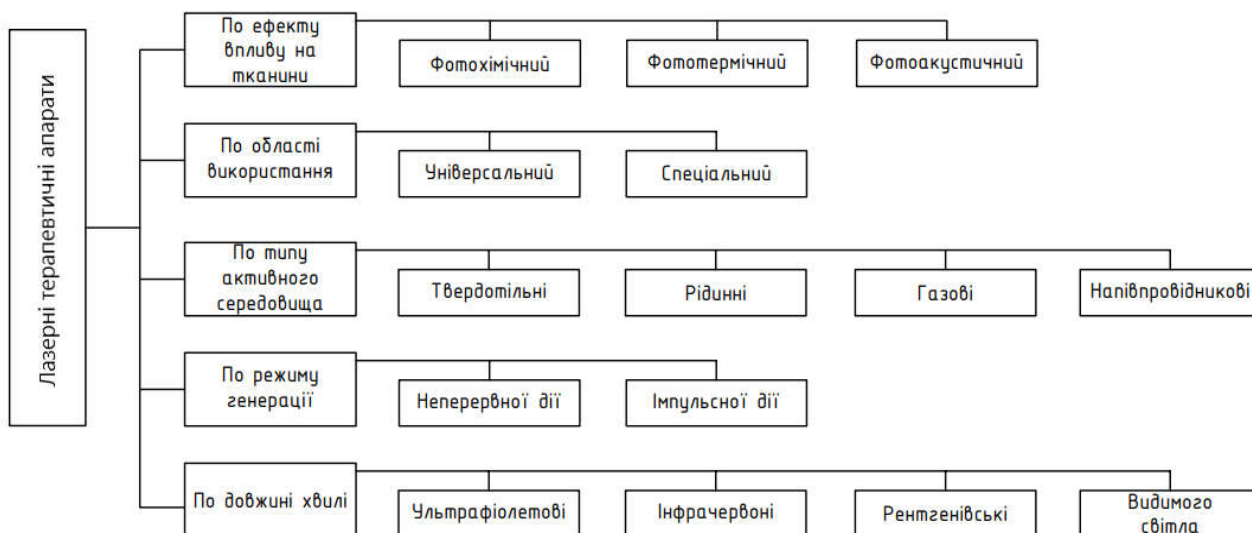


Рисунок 3.1. Класифікація лазерних терапевтичних апаратів

Будучи за своєю природою багаторазово посиленим світловим потоком, лазерний промінь надає інтенсивний фотохімічний і фотобіологічний вплив на тканини, в тому числі[77]:

- протизапальну: за рахунок посилення кровотоку і лімфотоку швидше загоюються рани;
- протинабрякова: поліпшена робота капілярів призводить до зниження тиску в них і зменшенню набряків;
- знеболююче: підвищується поріг чутливості нервових закінчень, виділяються ендорфіни;
- відновлює: посилюється регенерація нервових волокон та інших тканин;
- ферментативне: фотоактивації клітин підсилює вироблення ферментів;
- метаболічний: збільшується синтез білка, АТФ, фібробластів, колагену і еластину.

Автоматизовані апарати та системи можна поділити по характеру використання інформації, методу управління, числу управляючих величин та за зміною по часу (рис.3.2 ).

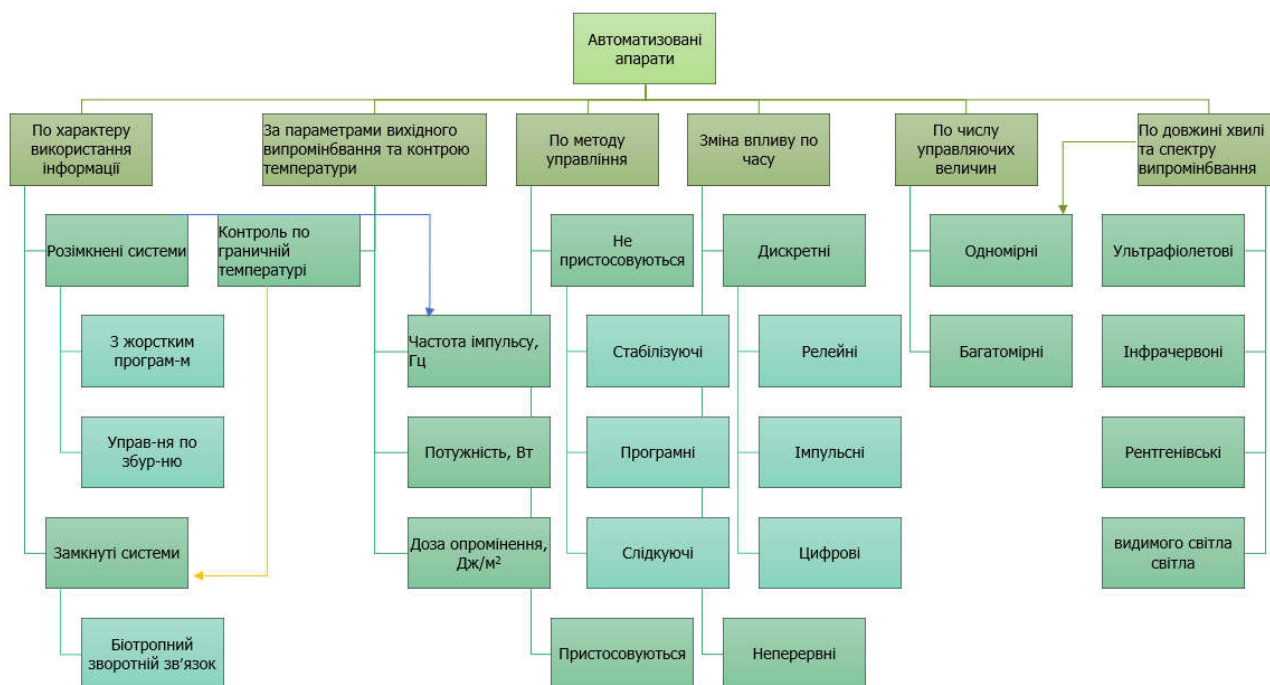


Рисунок 3.2. Класифікація автоматизованих апаратів та систем лазерної медицини

Особливо часто автоматизовані системи пов'язані з апаратами за допомогою зворотнього зв'язку, як наприклад у нашому випадку, біотропний зворотній зв'язок чи блоки, які контролюють вихідні параметри випромінювання(температура, потужність).

### 3.2. Використання оптичних волокон в системі лазерної медицини

Дистанційне вплив - один з найпоширеніших способів лазерного впливу на тканину. Використовується при проведенні лазерних терапевтичних, фотодинамічна,

лазерних хірургічних процедур. Як правило, передбачає укладання складного контуру патологічної поверхні всередині лазерного пучка правильної геометричної форми (прямокутник, квадрат, трикутник, коло і т.п.). Легко розраховується площа поперечного перерізу пучка дозволяє за рахунок вимірювання та зміни вихідної потужності контролювати і коригувати щільності потужності і дози лазерного випромінювання з метою забезпечення значень параметрів, що регламентуються протоколами медичного впливу. Такі дії передбачають однорідність та стабільність оптико-енергетичних параметрів оптичного випромінювання в межах поперечного перерізу лазерного пучка.

Вихідні каскади лазерних випромінювачів, значної частини сучасної лазерної медичної апаратури, виконуються на гнучких оптичних волокнах (ОВ) або забезпечують під'єднання гнучких оптичних волокон. Ці волокна мають в поперечному перерізі правильну геометричну форму (коло). У той же час, рівномірність значень енергетичних параметрів лазерних пучків на виході волокон, необхідна для реалізації дистанційного впливу, вимагає подальших досліджень.

Відомо, що пучок випромінювання на виході оптичного волокна зосереджується в тілесному куті, що отримується шляхом обертання плоского кута, рівного арксинуса його числової апертури NA (рис. 3.3.). Числова апертура волокна визначає максимальний кут введення в волокно променя, який буде відчувати повне внутрішнє віддзеркалення і поширюватися в волокні(3.1). Таким чином, при нормальному розташуванні до опромінюваної поверхні оптичного волокна, на ній формується пляма у вигляді кола, діаметр якого пропорційний відстані між вихідним торцем волокна і поверхнею.

$$NA = \sin \Omega m = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (3.1)$$

Умовно моду світловода іноді визначають і як траєкторію, по якій поширюється світло (3.2). При  $V < 2,4$  можна говорити, що в световоде поширюється тільки одна мода. Одномодовими є і світловоди, в яких реалізується такий режим в ближній ГЧ-

області. При  $V > 2,4$  генеруються моди вищих порядків. Число мод при великому значенні нормованої частоти порядку.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot NA}{\lambda} \quad (3.2)$$

Поняття «Одномодовий» має дещо умовний характер, тому що при зменшенні довжини хвилі випромінювання одномодовий світловод стає багатомодовим.

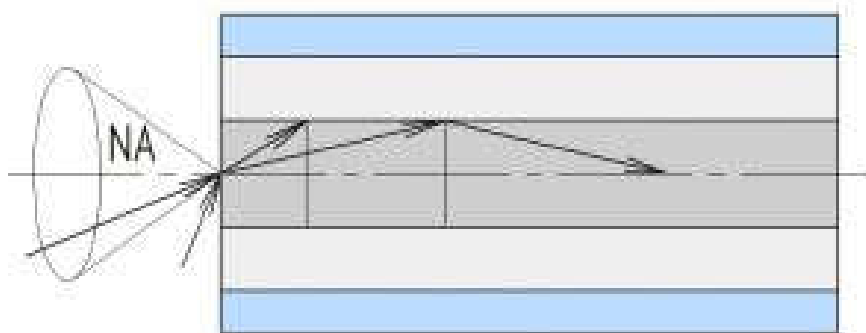


Рис.3.3. Числова апертура волокна

Різні види оптоволокна були протестовані на дослідній лазерної системі для визначення оптико-механічних характеристик. Структура дослідної установки (рис.3.4.) Складається з наступних складових:

- Лазерний випромінювач (1060 нм)
- Випромінює волокно (Øсердцевіни / оболонки 200мкм / 240мкм (кварц-кварц))
- Приймаюча волокно (- Øсердцевіни / оболонки 400мкм / 600мкм (кварц-полімер))
- Приймаюча головка (OPHIR S / N881032)
- Вимірювач потужності (OPHIR NOVA II DISPLAY ROHS S / N883221)
- Тимчасової індикатор (Крок переміщення 0,5 мм)

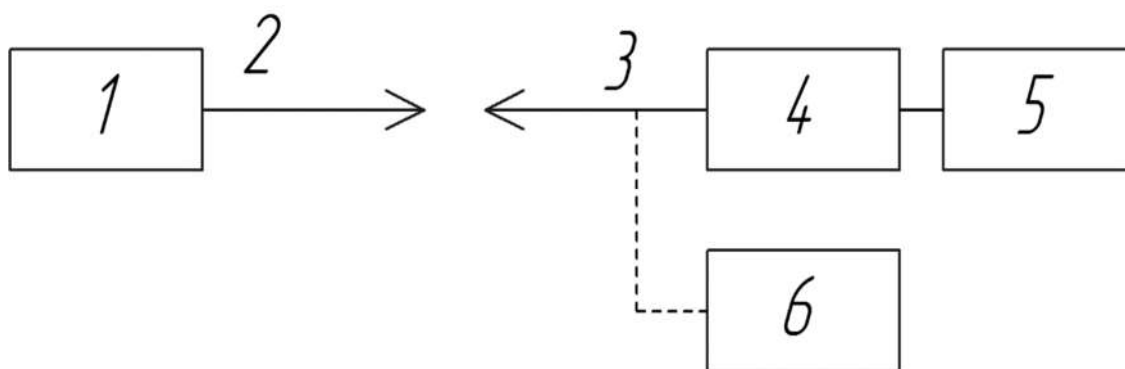


Рис.3.4 Схема експериментальної установки

В ході експерименту, з метою придбання більш точних даних були задіяні два типи дослідних установок з різними випромінювачами - експериментальний лабораторний прилад і серійно випускається апарат «Ліка-терапевт М», які відповідають структурі (рис.3.4). Перед початком експерименту обидві досвідчені установки, були ретельно протестовані за значеннями параметра стабільності потужності випромінювання. Засобом виміру для подібних установок послужив портативний вимірювач потужності і енергії Nova II Ophir, так як прилад володіє необхідною для експерименту чутливістю в частотному діапазоні до 4000 Гц. Всі представлені в експерименті дані були зареєстровані за допомогою даталоггер потужності Nova II Ophir.

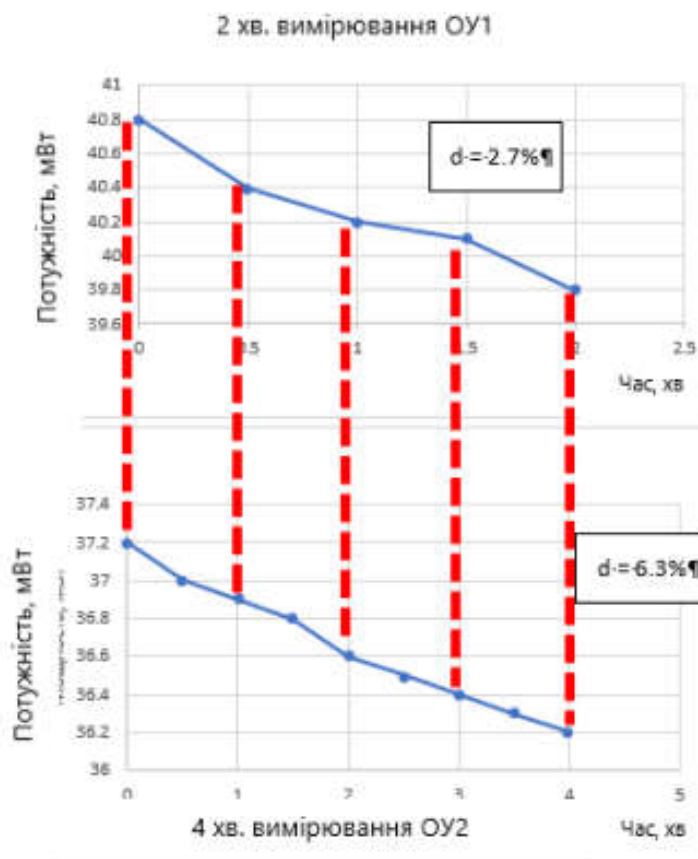


Рис.3.5 Часові діаграми зміни потужності випромінювання

Дослідна установка №1 (ОУ1) - являє собою експериментальний лабораторний прилад з можливістю генерування хвиль чотирьох довжин. На стадії перевірки в ході двухминутного тесту потужності, вимірювання показали падіння потужності з 65.2 мВт до 61.1 мВт, що в процентному співвідношенні складає  $\sim 6.3\%$  від максимальної потужності приладу під час тесту.

Досвідчена установка № 2 (ОУ2) — є терапевтичний апарат серійного виробництва моделі «Ліка-Терапевт». В ході більш тривалого тесту протягом чотирьох хвилин, даний апарат показав падіння потужності з 37.2 мВт до 36.2 мВт, що в процентному співвідношенні склало всього 2.7% (при допустимому відхиленні 20% для подібного типу апаратів).

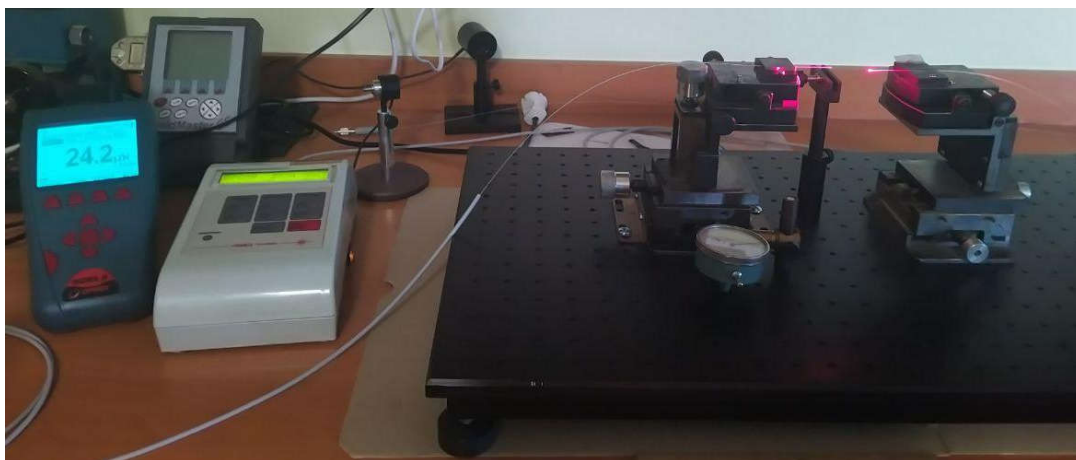


Рис. 3.6 Дослідна установка № 2 в процесі експерименту

Середнє арифметичне падіння потужності за 30 секунд при двохвилинному вимірі ОУ1 склало 0,61%, а при вимірюванні ОУ2 протягом 4-х хвилин цей показник склав 0,33%. Таким чином з порівняння попереднього тестування (рис.3.5) можемо зробити висновок, що незважаючи на підвищену потужність експериментального зразка ОУ1, найбільш науково достовірним є дані ОУ2, що і буде прийнято до уваги при фінальній оцінці результатів.

Випромінювання, яке виходить з оптоволокна (ОВ) 1 розсіюється на екрані 2 у вигляді кола з потрібним нам діаметром. Зліва знаходиться приймає ОВ 3, яке поступово переміщається уздовж середини кола за допомогою годинникового індикатора в сторону руху стрілки 4 (рис. 3.7).

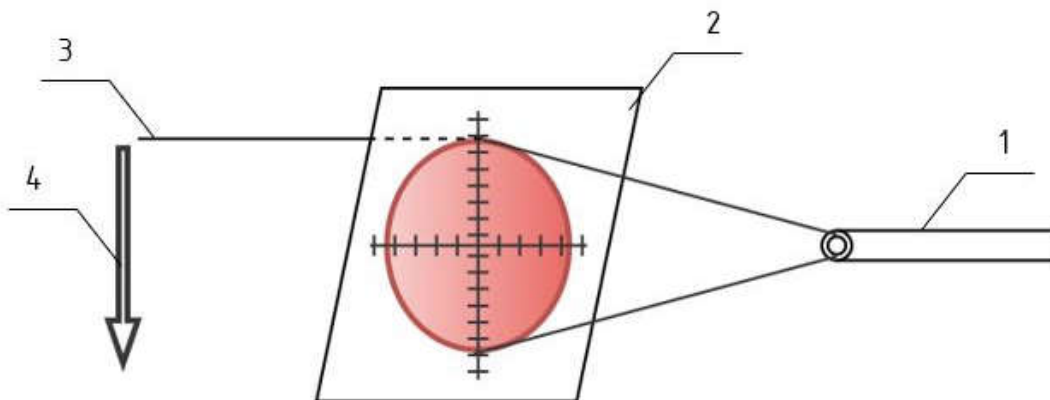


Рисунок 3.7 Принцип вимірювання



В результаті вимірювань були отримані графіки розсіювання щільності потужності випромінювання по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна. На рис. 3.8 наведено графік розсіювання щільності потужності випромінювання лазерного випромінювача №1 з довжиною хвилі 660 нм.

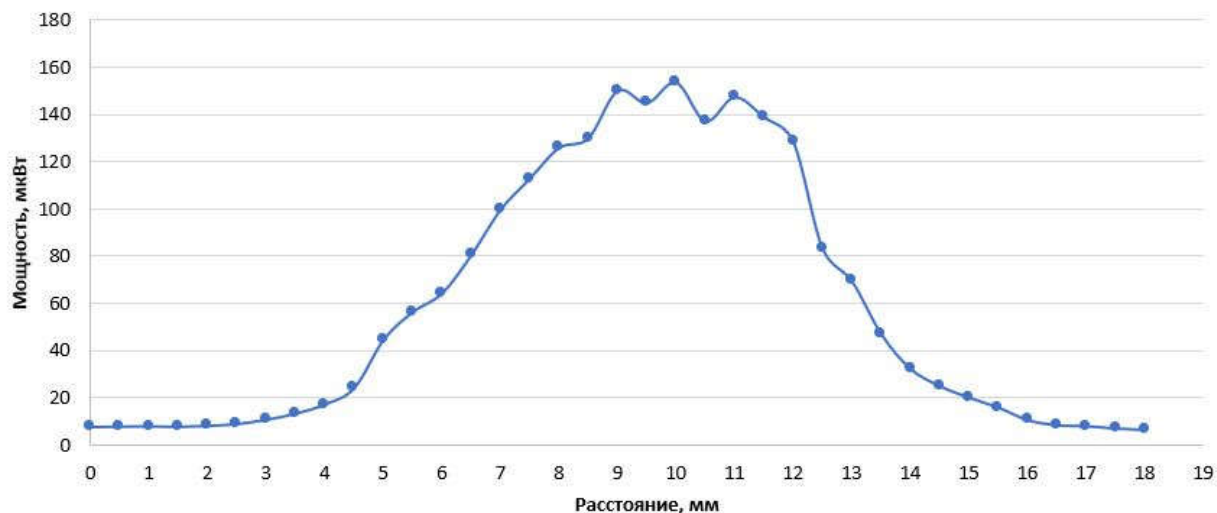


Рис. 3.8 Розподіл потужності випромінювача №1 по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна

На основі серії експерименту встановлено, що основне розподілу потужності випромінювання для випромінювача №1 з довжиною хвилі 660 нм проходить на середину оптоволокна (7-13 мм).

Було проведено серію експериментів з трьома однаковими за своїми характеристиками оптичними волокнами, які мають однакову довжину хвилі, а саме 1060 нм.

На рис. 3.9 наведено графік розсіювання щільності потужності випромінювання лазерного випромінювача №2 з довжинами хвиль 1060 нм по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна.

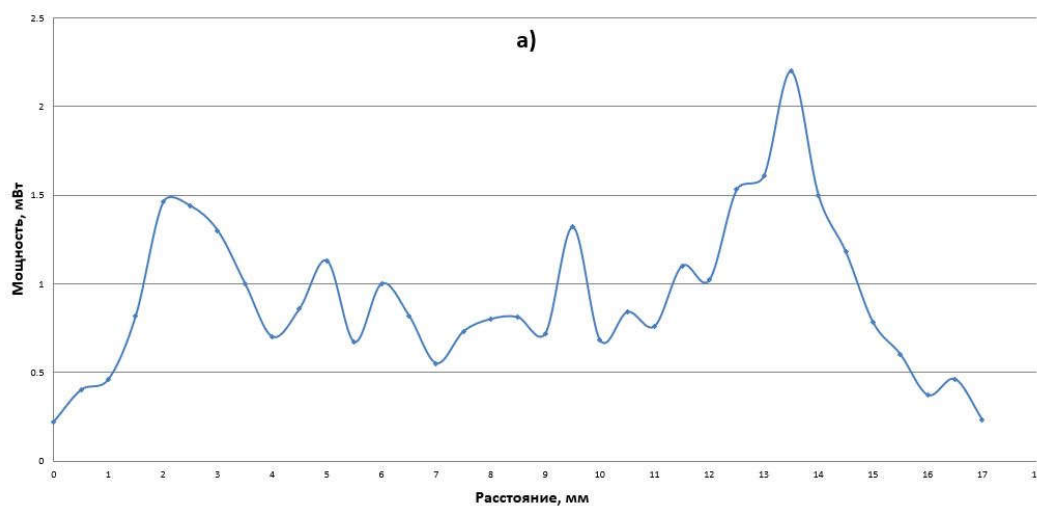


Рис. 3.9 Розподіл потужності випромінювача №2 з довжиною хвилі 1060 нм

У випромінювачі №2 (рис. 3.9) розподіл потужності по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна відбувається нерівномірно: в зрізі на 2 і 14 мм і в відбувається передача і випромінювання основної потужності. А це означає, що при впливі на ділянку БТ більша інтенсивність припадатиме на крайні точки БТ.

Результат вимірювання показав повністю протилежний результат до випромінювача №1, де основний вплив потрапляє на середину БТ.

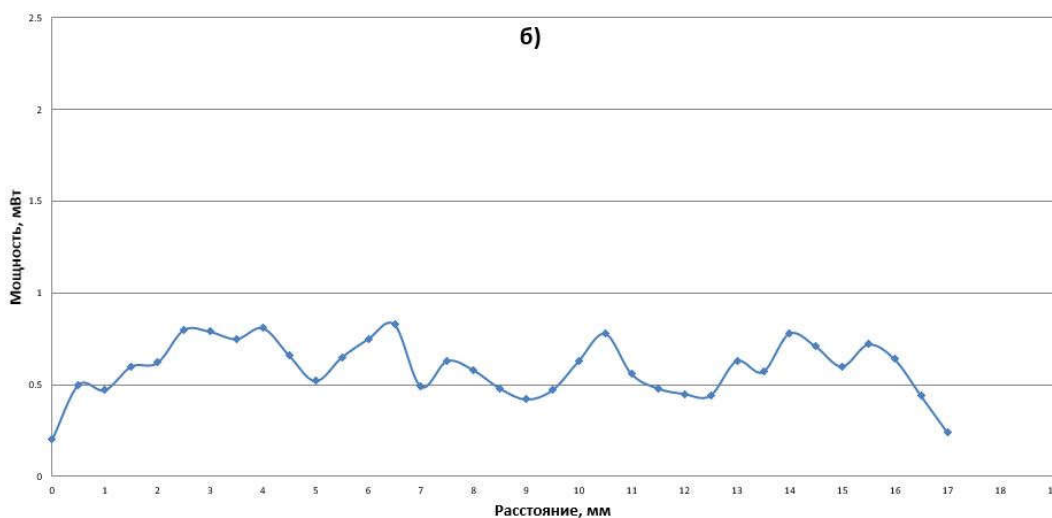


Рис. 3.10 Розподіл потужності випромінювача №3 з довжиною хвилі 1060 нм

Випромінювач №3(рис. 3.10) на відміну від інших показав більш рівномірний розподіл потужності по всьому зрізу оптоволокна, що в майбутньому може слугувати найкращим варіантом для розробки прототипу апарату і проведення подальших досліджень.

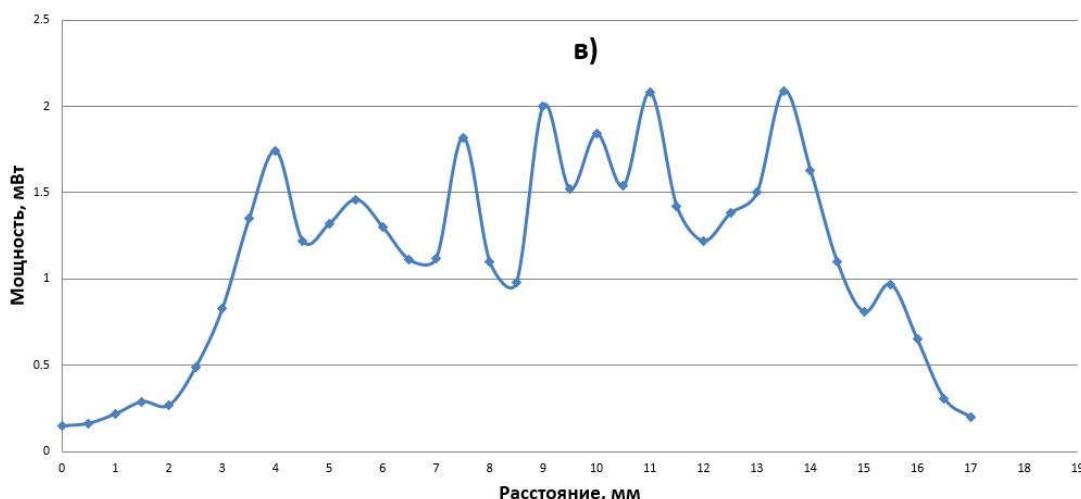


Рис. 3.11 Розподіл потужності випромінювача №4 з довжиною хвилі 1060 нм

Випромінювач №4 (рис. 3.11) розподілу потужності по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна так само як і в випромінювача №2 відбувається нерівномірно: в зрізі на 5-14 відбувається скачкоподібна передача і випромінювання основної потужності, що є досить погано для проведення різного роду маніпуляцій.

Такий розподіл, на наш вигляд, викликане лінзуванням лазерного діода і його налаштуванням. І як результат ми отримуємо різні спектри випромінювання (рис.3.9-3.11). Проведені дослідження підтвердили можливість тривалого, належного й стабільного використання в якості світловода як кварцовий так і полімерних оптичних волокон при передачі лазерного випромінювання довжиною хвилі 1060 нм в терапевтичному діапазоні. Щільність потужності по довжині бічної поверхні був відносно рівномірним. Передача значень щільності потужності випромінювання, в перетині засвічені кола, була різною. Від щодо рівномірної передачі по центру світловода (рис.3.8) до рівномірного розподілу по всьому зрізу (рис. 3.10). Також на

розподіл потужності впливають постійні термічні випробування, що проходять лазерні системи.

### **3.3 Розробка автоматизованої системи для лазерної медицини**

Нами спільно з підприємством «Фотоніка плюс» була досліджена та випробувані робочі режими автоматизованої системи для лазерної медицини (рис.2).

Серед переліку переваг системи варто звернути увагу на автоматизацію через підтримання нормованих значень потужності лазерного променя протягом терапевтичного процесу, а також автоматичну стоп-систему, що за умови фіксування понаднормових показників потужності корегує останні.

Даний варіант реалізації являє собою автоматизовану систему лазерної терапії, матеріальною базою для якої є мікроконтролери з додатковим контролем по оптичній потужності та температурі та потужні фабричні лазерні діоди. Також було додано блок контролю градієнтів площинної щільності випромінювання, так як ми дослідили в попередньому експерименті, що це є однією з ключових характеристик випромінювання.

Програмування відбувається шляхом запису команд, що управляють функціонуванням мікроконтролера до накопичувача Flash-пам'яті. Функцію зберігання даних під час процесу безпосередньо-виконання команд (наприклад, налаштування потужності випромінювання). Елементом живлення виступає внутрішній генератор з зовнішнім кварцовим резонатором.

Описані вище компоненти в поєднанні спричиняють синергетичний ефект, що полягає у стабільній роботі приладу з встановленими значеннями потужності лазерного випромінювання та контролі параметрів оптичного волокна протягом всієї процедури. Така стабілізація і є основною перевагою описаної системи АСЛМ, оскільки в разі коливань потужності за межами нормованих показників відбувається її юстирування.

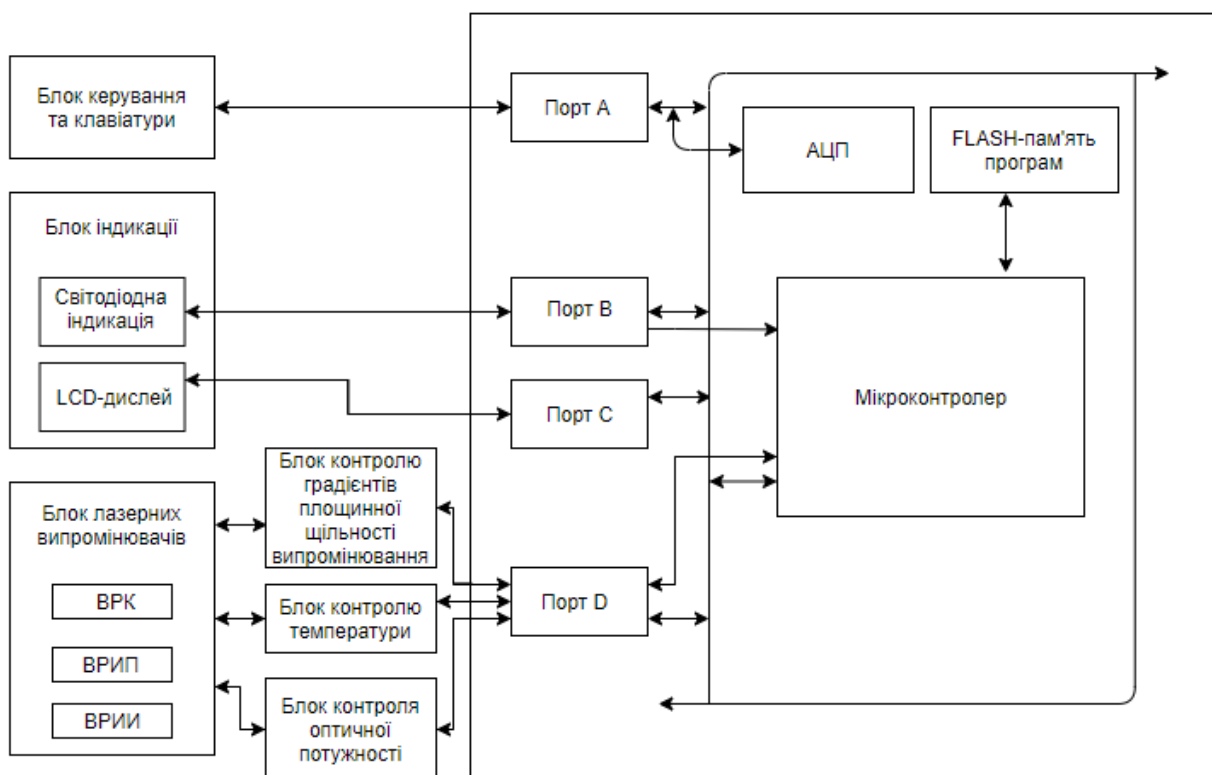


Рис.3.12 Структурна схема автоматизованої системи лазерної терапії

Алгоритм роботи системи АСЛІМ наступний:

Блок живлення створює тактовий сигнал, на основі якого формуються другорядні сигнали, які слугують для тактування всіх модулів і блоків мікроконтролеру. Сигнали з широко-імпульсною модуляцією використані для регуляції потужності випромінювання та модуляції, в той час як контроль дози лазерного випромінювання забезпечується зміною потужності. Генерація лазерного випромінювання здійснюється за допомогою напівпровідникових лазерних модулів розміщених в змінних рукоятках типу «ВРВ 50» з можливістю генерації до 50 мВт та змінна рукоятка типу «ВРВ 250М» з можливістю генерації до 250 мВт. В свою чергу контроль параметрів потужності випромінювання забезпечується блоком контролю оптичної потужності.

### Висновки до розділу 3

Проведено огляд, аналіз та класифікація сучасних автоматизованих систем лазерної медицини.

Детальне вивчення характеристик різних типів оптичного волокна, а також отримані результати наших експериментів свідчать про те, що втрати на вигинах волокна і в роз'ємних з'єднаннях в сукупності з розсіюванням і поглинанням випромінювання є основними причинами загасання значень сигналу в волокні прієго поширенні.

При цьому, використання таких волокон в терапії є витратним, так як склад кварцового скла, з якого виготовлена серцевина волокна, призводить до зміни прохідності світла в даному матеріалі. Проте, зі зростанням значень довжини хвилі, дана неефективність усувається (що видно в експериментах 2-4), що, в сукупності з доступністю матеріалу на вітчизняному ринку і широкої варіативністю по ряду характеристик, дозволяє поліпшити параметри якості проведення процедур.

Створено автоматизовану систему лазерної медицини з блоками контролю потужності, температури та щільності розсіювання випромінювання.

Розвиток напрямку автоматизації, в свою чергу, мінімізує дію людського фактор під час проведення медичних процедурах та маніпуляцій, що на даний момент є, на жаль, вагомою причиною суттєвої кількості невдалих операцій, а також лікарських травм спричиненими неналежними медичним втручанням.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Автоматизована система для лазерної медицини»

### 4.1 Опис ідеї проекту та технологічний аудит ідеї проекту

З огляду на актуальність проблем, вирішенням яких є винахід створення якого описано в цій роботі було прийнято рішення провести маркетинговий аналіз стартап-проекту останнього, з метою визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження

Всі подальші кроки такого дослідження були проведені згідно інформаційної карті проекту (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Інформаційна карта проекту

1. Назва проекту	«Автоматизована система для лазерної медицини».
2. Автори проекту	Карпушева А.Г., Терещенко М.Ф.
3. Коротка анотація (не більше 1/3 сторінки)	Автоматизовані системи і апарати для лазерної медицини належать до числа нових в медицині пристроїв, поява яких пов'язана з технологічними розробками в області автоматизації, оптичної фізики, біоінженерії та фізіології. Ці апарати показали високу ефективність при лікуванні досить широкого спектру захворювань, як при комбінованому впливі декількома впливаючими факторами, так і при окремому застосуванні дії оптичного та лазерного випромінювання
4. Термін реалізації проекту	18 місяців
5. Необхідні ресурси	Матеріальні: - Комп'ютер або ноутбук, 3D принтер, матеріали для друку, програма для проектування, вимірювальні прилади

	проведення проміжних експериментів, електронні та оптичні компоненти приладу. Інтелектуальні: - Інформаційні ресурси, ідея.
6. Опис проблеми, яку вирішує проект	Елімінування людського фактору Контроль вихідних параметрів випромінювання
7. Очікувані результати <i>Результати після завершення: Зменшення навантаження на професіоналів працюючих в сфері лазерної медицини, зменшення статистичної частки помилки внаслідок порушень в електромережі, зменшення статистичної частки помилки внаслідок помилкових налаштувань потужності.</i> <i>Результати в довгостроковій перспективі: Перехід до автоматизації таких показників як випромінювана потужність, температура, площа тіла щільність вимірювання в приладах лазерної медицини, а також всіх інших сфер медичної практики що пов'язані з використанням електронних компонентів, зменшення навантаження на лікарів-професіоналів та підвищення їх ефективності, шляхом зосередження на основній задачі, за допомогою зменшення необхідних технічних знань та навичок, а також часу що в даний момент спрямовується на налаштування приладів.</i>	

Наведені у таблиці 4.2 ідеї є відносно-новими для ринку України, незважаючи на чисельні теоретичні праці теоретичного змісту, щодо можливості автоматизації певних процесів у лазерній медицині, більшість з них, по-перше спрямовані на прилади що застосовуються в терапевтичній галузі, а по-друге є лише теоретичними ідеями, які не є втіленими у фізичні прототипи.

Оскільки на ринку України відсутні лазерні системи вітчизняного виробництва, в яких перераховані ідеї були б втілені, доцільно розглянути ідею запровадження конкурентного вітчизняного виробництва систем такого типу, задля забезпечення попиту внутрішнього ринку країни, а також, в разі оптимізації витрат та при умові збереження характеристик на рівні іноземних аналогів, виходу на зовнішній ринок лазерних медичних апаратів.



Таблиця 4.2 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропоновано автоматизовану систему для лазерної медицини.	Покращення системи шляхом автоматизації	Додавання нових блоків для контролю випромінювання.
	Додання додаткових датчиків температури в уже існуючі мікросхеми апаратів.	Убезпечення лікарів та пацієнтів від можливого короткого замикання шляхом прорахунку «точки роси».

Тим не менш, в ході аналізу характеристик проекту (див табл. 4.3) ми дійшли до висновку, що у запропонованій ідеї є характеристики що не можна назвати сильними сторонами, головна з яких - простота розробки. З однієї сторони, наявність додаткових блоків елімінує такі ризики як: легкість інженерного аналізу (з метою подальшого реверсивного відтворення), вразливість до заміни обраних запчастин (що в комбінації з попереднім ризиком може призвести до втрати конкурентних переваг, а також до поширення неякісного товару створеного по ідеї стартапу). З іншою сторони, така модифікація, по-перше може бути недостатньою для повної елімінації вищевказаних ризиків, по-друге, ускладнює процес виробництва та підвищує собівартість виробу. Не зважаючи на це, ми вважаємо що переваги від проекту нівелюють ці ризики.

Таблиця 4.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економіч ні характер истики ідеї	(потенційні) товари/ концепції конкурентів		W	N	S
		Мій проект	Конкурент 1 (серійно випускаємий терапевтичний апарат)	слабк а	нейтр альна	сильн а

				сторо на	сторо на	сторо на
1	Автоматизація	Наявна.	Відсутня.	-	-	+
2	Безпечність	Більш безпечний, за рахунок автоматизації	Імовірність випромінювання в ненормованих значеннях	-	-	+
3	Простота розробки	Додаткові блоки контролю	Простота розробки через відсутність удосконалення	-	+	-

Виходячи з аналізу конкурентних переваг, можна зробити висновок, що запропонована ідея має об'єктивні переваги на вузькоспеціалізованому вітчизняному ринку. Аналіз ринку також виявив низький обсяг вітчизняної пропозиції, що є достатньою для забезпечення кількісного попиту, проте недостатньою для забезпечення якісного попиту на аналізованому ринку. Описана ідея покликана задовольнити саме якісний попит у автоматизованих системах, що у скрутні епідеміологічні часи могли б вивільнити людино-години професіоналів у сфері медицини.

Задля того, щоб оцінити технологічну можливість втілення проекту в життя, з тими обмеженими ресурсами, що доступні на момент написання роботи та тими бажаними для приладу характеристиками, що були описані вище, було прийнято рішення про проведення технологічного аудиту ідею проекту.

Процес впровадження проекту, від ідеї до фізичного прототипу, було дезагровано до трьох основних технологій:

1. Програмне забезпечення, завдяки якому була розроблена, та протестована на віртуальній симуляції структурно-функціональна схема.
2. Електричні та оптичні датчики, що в майбутньому будуть інтегровані у виріб, з метою збору даних для цілей автоматизації.
3. Датчики для заміру вихідної потужності та температури з апарату, для того щоб підібрати найбільш вдалі по електропровідності, стабільності потужності, та іншим показникам матеріали та складові майбутнього приладу.

Які були проаналізовані в табл 4.4. Виходячи з результатів, можна сказати, що усі технології на момент написання роботи є доступними, що і дозволило протестувати різні типи матеріалів (в тому числі оптичних волокон) що стануть елементами майбутнього виробу.

Таблиця 4.4 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка структурно-функціональної схеми для подальшого створення приладу	ПЗ “AVTODCAD” та ПК на базі ОС Windows 10, для роботи ПЗ.	Наявні	У вільному доступі
2	Конструювання прототипу апарату для проведення експериментів	Електричні та оптичні датчики	Наявні	Доступні
3	Проведення експериментів для подальшого удосконалення	Датчики для заміру вихідної з апарату потужності, температури	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: розробка схеми приладу, його конструювання та проведення подальших вимірювань.				

## 4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Вітчизняний ринок представлений компаніями “Tredex”(Харків); «Медігран» (Київ); «Ютас» (Київ), Львівський завод радіоелектронної медичної апаратури та ТОВ “Фотоніка-Плюс”. В процесі аналізу конкурентів було виявлено, що всі вони мають схожі характеристики (саме тому в ході WNS аналізу характеристик було представлено порівняння з основним конкурентом - ТОВ “Фотоніка-Плюс”). Більш детальний аналіз наведений у табл. 4.6

Таблиця 4.6 Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, ум.од	800000
3	Динаміка ринку	Стагнує
4	Наявність обмежень для входу	Якісна апробація результатів.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Дозвіл на медичні та клінічні випробування; додаткові клінічні та доклінічні випробування. Вимоги до нешкідливості та безпечності
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	40%

Середня норма рентабельності в галузі є набагато більшою за будь-який традиційний варіант інвестування (в т.ч. ставка по депозитам в Україні на момент написання роботи сягає 11%, а відсоток по ОБГЗ 15,7%. Таким чином, можна сказати що нормована рентабельність є достатньою для інвестування коштів у проект. Ринок ж привабливим для входження, за умови орієнтування на заповнення ніші високорозвинутих приватних клінік в центральних містах України, включаючи Київ, Харків, Львів, Одесу та інші міста з високою концентрацією платоспроможного

населення, а також міста-курорти, що в останні роки мають тенденцію до зосередження приватних медичних установ (Моршин, т.д.).

Більш детальна інформація про цільову аудиторію проекту представлена в табл.

4.7

Таблиця 4.7 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Можливість безпечного проведення процедури зі зменшення людського впливу	Лікувально-профілактичні установи, косметологічні центри	Особливості експлуатації	Точність, наявність усіх сертифікатів до продукції, безпечність

Зважаючи на цільовий сегмент ринку виникають ризики, переважно еволюційного характеру, детально досліджені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Впровадження нових технологій	Застарілість приладу	Модернізація
2	Збільшення конкурентів	Нові конкурентоздатні продукти на ринку	Удосконалення товарів, покращення маркетингового відділу
3	Точність результатів	Достовірність результатів	Покращення компонентів приладу, нові розробки
4	Важкість обслуговування	Наявність нестандартизованих елементів	Використання стандартизованих елементів
5	Зменшення попиту	Поява покращених продуктів на ринку	Розвиток технологій

З іншої сторони, низький рівень забезпеченості попиту на ринку відкриває можливості для стартапу, як для першопрохідця, з точки зору забезпечення якісних потреб споживачів ринку. Повний перелік можливостей представлений у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Впровадження нових технологій	Покращення продукції	Підвищення ціни та попиту
2	Відсутність конкурентів	Монополія ринку	Підвищення ціни
3	Точність результатів	Збільшення кількості товари на ринку	Підвищення продажів
4	Збільшення попиту	Залучення інвестицій	Підвищення ціни

Для поглиблення розуміння, щодо конкуренції на ринку був проведений ступеневий аналіз пропозиції на ринку. Відсутність монополістичних та олігополістичних утворень надає змогу стартапу увійти на ринок в умовах чистої конкуренції і сфокусуватися саме на якості товару. Як і будь-якому ринку, що існує в державі з потребами у вузько-направлених продуктах, тут присутня національна ознака конкуренції, адже при наявності попиту, наприклад у автоматизованих лазерних апаратах з боку держави (Державні підприємства охорони здоров'я, клініки що функціонують за організаційною формою державно-приватного партнерства) держ.закупівлі та дотації будуть спрямовані на підприємство що задовольнить тендер, умова якого буде автоматизація. Більш детально пропозиція проаналізована у табл. 4.10.

Таблиця 4.10 Ступеневий аналіз пропозиції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	чиста	Концентрація на якості товару
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	національна	Можливість варіації об'ємів виробництва
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Формування ринкової вартості
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-видова	Унікальність кожного продукту
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова	Підвищення довіри клієнта шляхом покращення точності
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Марочна	Створення торгової марки на ринку, концентрація на якості

За результатами аналізу таблиці 4.11 можна зробити висновок про можливість роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також було зроблено висновок щодо характеристик, які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку, такі як контроль якості, удосконалення програмних кодів та розширення функціоналу.

В свою чергу, для більш глибокого аналізу була використана аналітична схема П'яти сил Портера, згідно якої, як раніше було сказано, основними ризиками є складові-замінники низької якості і, як наслідок, зниження іміджу товару, а також необхідність сертифікації зумовлена середовищем діяльності.

Таблиця 4.11 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	Наведені вище виробники лазерних медичних апаратів	Бар'єрами є необхідність сертифікації, обмежена кількість потенціальних клієнтів, довгострокові домовленості конкурентів	Постачальники виступають лише джерелом сировини, додану вартість роблять компанії	Споживачі мають вплив на інших споживачів через "авторитет" та умовну рівність між іншими споживачами.	Зниження якості товару, що поведе за собою зниження іміджу виробу.
Висновки	Переважаючо зосереджені в терапевтичній галузі, оскільки наш продукт універсальний, маємо конкурентну перевагу в "чистій" конкуренції.	Можна вийти ринок при наявності якісного продукту. Прямі конкуренти не мають унікальних переваг.	Постачальники не диктують умови на ринку, існує значний асортимент елементів та комплектуючих	Клієнти обумовили середовище якісної сертифікованої продукції.	Необхідність застосовувати знак якості, надання сервісу

Базуючись на проведеному аналізі за різними підходами та системами було сформовано перелік факторів конкурентоспроможності (див. табл. 4.12).

Таблиця 4.12. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Мобільність	Використовується як стаціонарно так і амбулаторно.
2	Технічне обслуговування	Значення напрацювань на відмову вище середнього для даного класу обладнання.
3	Захист	Авторське право



Та складено аналіз сильних та слабких сторін Автоматизованої системи лазерної медицини.

Таблиця 4.13 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін  
«Автоматизованої системи лазерної медицини»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з комп'ютерно-інтегрованою системою для обробки фотометричних зображень						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Точність	11		+					
2	Комплексний підхід	11		+					
3	Мобільність	18						+	
4	Технічне обслуговування	14					+		
5	Доступність	15					+		

Все це було систематизовано за допомогою SWOT-аналізу (див. табл. 4.14)

Таблиця 4.14. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наявність автоматизації</li> <li>2. Чиста конкуренція на ринку</li> <li>3. Доступність технологій виробництва</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Складність розробки</li> <li>2. Необхідність сертифікації</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Швидкий вихід на ринок завдяки “нішевісті” продукту</li> <li>2. Передумови до участі в державних тендерах.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зниження іміджу продукту (через низьку якість елементів-замінників)</li> <li>2. Міжнародна кооперація, як наслідок зниження попиту на вітчизняну продукцію</li> <li>3. Зниження цін на іноземні автоматизовані аналоги</li> </ol>

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, що наведено в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Розширення ринку збуту (реклама товару в профільних ресурсах для створення попиту)	Ймовірність висока, так як процес обробки спрощується і є автоматизованим	1 рік
2	Встановлення коректної ціни	Ймовірність висока, оскільки дана система зможе підвищити якість отриманих результатів в результаті проведення діагностики біологічних тканин	6 місяців

Можна зробити висновок, що з зазначених альтернатив обираємо першу другу.

#### 4.3. Розроблення ринкової програми та маркетингової стратегії проекту

Першим кроком до розробки ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медичні установи	Готові, за наявності дозвільних документів	40-50%	Низька інтенсивність	Наявні обмеження в сертифікації
2	Науково- дослідні установи	Готові, за умови наявності доказової бази	35-45%	Висока інтенсивність	Без обмежень
Які цільові групи обрано: Медичні установи та науково-дослідні установи					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувавши базову стратегію розвитку, що представлено в (див.табл. 4.17)

Таблиця 4.17 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможнос ті позиції	Базова стратегія розвитку
1	Зменшення ціни на початку продажів для збільшення кількості клієнтів	Диференційов аний маркетинг	1. Точність 2. Мобільність 3. Контрольованість випромінювання	Стратегія диференціації

Як базову стратегії розвитку було обрано диференційну стратегію з встановлення низької ціни на товар, це буде ефективніший спосіб залучення більшої кількості покупців і завоювання великої частки ринку.

Наступним кроком: вибір стратегії конкурентної поведінки (див. табл. 4.18).

Таблиця 4.18 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект першопрохідц м» на ринку?	Чи буде компанія включати нових поживачів, або визирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Заздалегідь визначена цільова аудиторія	Ні	Наступальна війна

Для конкурентної стратегії було обрано стратегію «Наступальна війна». Вона полягатиме в використанні нових властивостей і функцій продукту.

Далі визначимо стратегії позиціонування (див. табл. 4.19).

Таблиця 4.19 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартаппроекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока точність апарату, простота в використанні, доступність для пацієнтів та лікарів.	Стратегія диференц іації	Доступність, точність, простота	За різновидом товару, показниками якості та сферою застосування;.

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 4.20 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.20 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність основних параметрів випромінювання.	Точність забезпечується автоматизацією блоків, які напряду пов'язані з випромінювачем.
3	Безпечність	Безпечність у користуванні для лікарів та пацієнтів.	Додаткові впровадження для убезпечення від непередбачуваних ситуацій.
4	Захист від копіювання	Авторське право	Авторське право

Далі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання. Опис трьох рівнів моделі товару наведено в таблиці 4.21.

Таблиця 4.21 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Розробка програмного забезпечення для автоматизації та спрощення процесу обробки фотометричних зображень з отриманням графічних та кількісних даних обробки.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/ характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Спосіб контролю потужності	Нм	Тх
	Строк безвідмовної роботи	Нм	Тх
	3. Мобільність	Нм	Тх
	4. Складність виготовлення	Нм	Тх
	Якість: патент України на корисну модель		

	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», «Автоматизована система лазерної медицини»
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість вдосконалення системи
	Після продажу: створення та удосконалення блоків апарату.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патентування пристрою.	

Далі ми будемо визначати цінові межі, для керування встановленні ціни на товар яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.22). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 4.22 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари - замітники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Ліка-терапевт М	5500 грн.	8000-20000 грн.	5000 - 10000 грн.

Зробивши аналіз інформаційних джерел рівень цін на товари-замінники та орієнтація на рівень доходів цільової групи споживачів де верхня та нижня межі встановлення ціни на товар 10000 та 5000 грн. Встановлювати ціну нижче 5000 грн не рентабельно.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту (див. табл. 4.23)

Таблиця 4.23 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Регулярні поставки	Встановлення контактів із мед.установами і підтримання їх; Формування попиту і стимулювання збуту	0 (без посередників)	Власна система збуту

Для збуту товару із більшим відсотком заробітку було обрано систему створення власної нульового каналу без посередника, оскільки з огляду на специфіку галузі використання об'єми поставок будуть частково малі. Також для більш дієвого збуту потрібно встановлення контактів із споживачами на початкових етапах з ціллю підвищення довіри до фірми, що стане гарним підґрунтям для подальшої домовленості про регулярні поставки.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (див. табл. 4.24).

Таблиця 4.24. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Доступність; Точність вимірів; Мобільність; Функціональність.	Розвиток попиту; Стимулювання продажу; Інформування споживачів;.	Даний продукт є інноваційним та зручним.

#### 4.4 Організація реалізації стартап-проекту

Реалізація даного стартапу можлива за участю мінімально життєздатної команди, що складається з інженера-конструктора, ІТ- спеціалісту, та менеджера. Формування команди стартапу представлено у таблиці 4.25.

Таблиця 4.25 Формування команди

Роль у команді	Вид діяльності	Суть дій в ході створення та подання проекту
Генератор ідей	Інженер-конструктор	Розробка схеми приладу та основних компонентів, 3D друк деталей
Спеціаліст	ІТ- спеціаліст	Розробка ПЗ
Дипломат	Менеджер	Розробка бізнес плану, пошук інвесторів.

Для оцінки фактору вкладу кожного учасника команди було введено вагові значення (див. табл. 4.26).

Таблиця 4.26 Визначення важливості факторів щодо їх вкладу у створення та реалізацію стартапу

Фактор	Вага (важливість)
Ідея	9
Підготовка бізнес плану	5
Компетентність	10
Залученість і ризики	7
Обов'язки	7

Відповідно до важливості кожного фактору проведемо визначення дольової участі кожного з учасників (див. табл. 4.27).

Таблиця 4.27 Визначення дольової участі у стартап проекті кожного учасника

Фактор	Інженер-конструктор	ІТ-спеціаліст	Менеджер
Ідея	10	7	5



Підготовка бізнес плану	5	2	10
Компетентність	9	9	9
Залученість і ризики	10	7	3
Обов'язки	10	9	6
Відсоток	39,63%	30,631%	29,72%

Характеристика в промислово-виробничому персоналі та витрати на персонал наведено в таблиці 4.28.

Таблиця 4.28 Потреба в промислово-виробничому персоналі

№ з/п	Посада/виконувані завдання	Чисельність	Витрати на персонал, грн / місяць
1	Інженер-конструктор	1	5000
2	ІТ спеціаліст	1	5000
3	Менеджер	1	5000
	Разом	3	15000

## Висновки до розділу 4

Результатом даного розділу є розроблений стартап проект, що може бути впровадженом як технічне рішення «Автоматизованої системи лазерної медицини».

На етапі опису ідеї було розглянуто можливості ринкової комерції даної системи та встановлено наявність високого попиту на розроблену автоматизовану систему для лазерної медицини.

Із вище перерахованого стартап дослідження проекту ми можемо зробити наступні висновки:

Виділено основні напрямки застосування та встановлено сильні та слабкі сторони проекту, а також доступність його реалізації. Так як запропонована методика є універсальною, то рівень конкуренції не зазначений, однак даний проект може конкурувати з вузьконаправленими розробленими апаратами.

Автоматизована система була захищена авторським правом (Патент України №137211) .

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З метою вирішення проблем надмірного оперативного втручання в медичні процедури, а такою задля зменшення статистичної похибки на “людський фактор”, через автоматизацію значного спектру медичних процедур (зокрема в лазерній терапії та хірургії) – був розроблений альтернативний принцип та структурна схема автоматизованої системи лазерної терапії. Основною перевагою схеми, та реалізацією автоматизації є блоки контролю температури, градієнта площинної щільності випромінювання та оптичної потужності, що дає змогу статистично зменшити долю людського фактору в переліку можливих помилок під час медичних процедур, завдяки обладнанню системи оптичними датчиками та блоками скринінгу температур. Виходячи з останнього, додатковою перевагою є наявність контролю температурних параметрів зони впливу лазерного випромінювання. Найбільш ефективними, з нашої точки зору, є АСЛТ універсальної дії з можливістю комплексного використання діючих факторів та полів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самосюк И.З. Терапия лазерным сканирующим лучом: Инстр. по применению лазерных сканирующих устройств / З. Самосюк, Е. Шимков, В. Чухраев – К.: 2000 – 182 с.
2. Берлиен Х.П. Прикладная лазерная медицина / П. Берлиен, И. Мюллер - М.: Интерэкспорт, 2007г. – 245 с.
3. Терещенко М.Ф. Біофізика: підручник / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 444 с. ISBN 978-966-622-942-0 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27589>
4. Лазеропунктура в невропатологи / [Анищенко Г.Я., Полянская З.М., Даллакян И.Г. и др.] – М.: 1991. – 21 с.
5. Основы лазерной физио- и рефлексотерапии / [Козлов В.М., Буйлин В.А., Самойлов Н.Г. и др.]; Под ред. О.К. Скобелкина.– Самара-Киев 1993.– 216 с.
6. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биотканей / А. Е. Пушкарева. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
7. Пономаренко Г.Н. Физические методы лечения: Справочник / Пономаренко Г.Н. – СПб: 2002 г. – 255с.
8. Карпушева А.Г., Терещенко М. Ф. Автоматизована система лазерної медицини / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ ”, 08-09 грудня 2020 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 283-286.
9. Тышкевич Т.Г. Сканирующая лазеротерапия параличей и парезов мышц конечностей и лицевого черепа: Метод, рекоменд. / Г. Тышкевич, П. Берснев – СПб., Б.и.: 1997 г. - 14 с.
10. Харевич А.С. , Терещенко М.Ф. ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ВІДБИТОГО ПРОМЕНЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ГЛИБИНИ

ПРОНИКНЕННЯ ЙОГО В БІОЛОГІЧНІ СТРУКТУРИ // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні » 10--11 грудня 2019 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2019.- 546 с. — С. 406-409

11. Дорошук. І. А, Терещенко М. Ф. Автоматизована система стимуляції і діагностики біологічних тканин // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні » 10-11 грудня 2019 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2019.- 546 с. — С. 344-347

12. O.G. Shmendel, M.F. Tereshchenko, G.S. Tymchik, I.A. Danyliuk DYNAMICS OF CHANGES IN TEMPERATURE PARAMETERS IN BIOLOGICAL TISSUES UNDER LASER RADIATION OF DIFFERENT WAVE LENGTHS//KPI Science News, 2019, № 5-6, p.87-94. DOI: 10.20535/kpi-sn.2019.5-6.188316

13. Грузинская А.Т., Терещенко Н.Ф. МЕТОД ЭЛЕКТРОКАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА И ДЕПРЕССИИ // Материалы 12 Международной научно-технической конференции "Приборостроение – 2019", г.Минск, Республика Беларусь. Сборник тезисов докладов / БНТУ. – 2019. – С. 156-157

14. Данилюк І.А., Шмендель О.Г., Терещенко М. Ф. Комплекс лазеротерапії / Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2019.-546 с., С. 340-343

15. Терещенко М.Ф. Біофізика: лабораторний практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 176 с. ISBN 978-966-622-980-2 <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31467>

16. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия: Учебник, Минск, «Книжный дом», 2003 г.
17. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: Учебник. / М.Боголюбов, Н. Пономаренко – М., 1999 г.
18. Боголюбова В.М. Техника и методика физиотерапевтических процедур / Боголюбова В.М. — М.: Медицина, 1993.—352 с.
19. Двалишвили М.Ю. Механизмы действия лазерного излучения средней интенсивности на ткани: Дис...к-та мед. наук: 14.00.16. – СПб., 2006. – 108 с.
20. Гельфонд М.Л. Фотофизические и фитохимические методы лечения злокачественных опухолей (клинико-экспериментальное исследование): Дис. д-ра мед. наук: 14.00.14. – СПб., 2006. – 222 с.
21. Аппарат лазерной терапии CO2 Pixel [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://medicalaser.com.ua/pixel/>
22. Аппарат лазерный терапевтический "Лика-терапевт М" электротерапии [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.fotonikaplus.com.ua/produktsiya/lazernye-apparaty/apparat-lazernyj-terapevticheskij-lika-terapevt-m.html>.
23. Карпушева А. Г. Аппарат полихроматической и лазерной терапии / А. Г. Карпушева, Н. Ф. Терещенко. // Новые направления развития приборостроения // Материалы 12-й Международной научно-технической конфер. молодых ученых и студ. 17-20 апреля 2020 г. / Минск, БНТУ, 2020,-с.260-261.
24. Аппарат лазеро терапевтический 5010 LASER [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://medmax.com.ua/equipment/physiotherapy/laser-therapy/5010-laser.html>.
25. BeautyScan фракционный erbієвий лазер [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://medicalaser.com.ua/erlas1550/>
26. Аппарат для физиотерапии комбинированный МИТ-11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.medintex.com/apparat-dlya-fizioterapii-kombinirovannyj-mit-11>.

27. Апарат лазерний терапевтичний «DLS 980» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://alvi-prague.ua/ru/lazer-dla-udalenia-sosudov-dls-980>

28. Аппарат лазерной терапии АЛТ Узор-А-2К11 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.medrk.ru/shop/apparaty-fizioterapevticheskie/medicinskoe-oborudovanie/id-239>.

29. Аппарат магнито-инфракрасно-лазерный терапевтический «Милта Ф-8-01» <http://biomed.ua/ua/produktsiya/fizioterapiya/lazernaya-terapiya/apparat-magnito-infrakrasno-lazernyj-terapevticheskij-milta-f-8-01-9-12-vt-detail>

30. Фізіотерапевтичний апарат для MLS-лазерної терапії “Mphi Dental” <https://rmed.com.ua/ru/catalog/lazernaya-terapiya/asalaser-m6/>

31.. Скрупский Ф.В. Современные методы мониторинга нейромышечной блокады [Текст] / Ф.В. Скрупский, Г.С. Тымчик, Н.В. Стельмах // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2013. – 6 (83). – С. 59-63

32. Велигоцький, Д.В. Апаратно-програмний комплекс для неінвазивного діагностування карбоксигемоглобіну в потоках крові [Текст] / Д.В. Велигоцький, Н.В. Стельмах, С.О. Мамілов, С.С. Єсьман // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2012. – 1/1 (72). – С. 71-74.

33. Морман Д., Хеллер Л. Физиология сердечно-сосудистой системы. – СПб.: Питер, 2000. – 250 с.

34. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. – Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та, 1998. – 384 с.

35. Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko (2020). Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, ISSN 1729-3774, 1/5 ( 103 ), p. 19–29. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.193429

36. V. Tsapenko, M. Tereshchenko, G. Tymchik, S. Matvienko and V. Shevchenko, "Analysis of Dynamic Load on Human Foot," 2020 IEEE 40th International Conference on

*Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 400-404, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088788. 36.

37. Dolotov L.E., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., Utz S.R., Altshuler G.B., I.V. Yaroslavsky. Design and Evaluation of a Novel Portable Erythema-Melanin-Meter // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 2004. – V. 34. – P. 127-135.

38. Cheong W.-F., Prahl S.A., Welch A.J. A Review of the Optical Properties of Biological Tissues // *IEEE Journal of Quantum Electronics*. – 1990. – V. 26, №12. – P. 2166-2185.

39. М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко, Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія. Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. ISBN 978-966-622- 874-4, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>

40. О. Г. Шмендель, М.Ф. Терещенко Симуляція процесу розподілу тепла у верхніх шарах шкіри під впливом лазерного випромінювання // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.249-252

41. М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик, М. В. Чухраєв, Т. О. Рудик , Автоматизовані магнітотерапевтичні апарати: монографія. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 274 с. ISBN 978-966-900-010-4 <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37587>

42. М. Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, В. Ю. Рудик, Т. О. Рудик, Високоточні джерела змінних магнітних полів : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 169 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35984>

41. Патент України №137211 від 10.10.2020 р. Апарат лазерної та поліхроматичної терапії / Терещенко М.Ф., Карпушева А.Г., Шмендель О. Г., Чухраєв М.В.



43. Самосюк И.З. Магнитолазероультразвуковая терапия. Новые технологии физиотерапевтического лечения / И.З. Самосюк, А.А. Владимиров, Н.В. Чухраев, Н.И. Самосюк, Е.Н. Чухраева, М.А. Стукалин, М.А. Гунько. - К.: НМАПО имени П.Л. Шупика, УО физической и реабилитационной медицины, 2016. - 320 с.

44. Приезжев А. В. Лазерная диагностика в биологии и медицине / Приезжев А. В., Тучин В. В., Шубочкин Л. П. – М. : Наука, 1989. – 238 с..

45. Матвієнко С. М. Вплив процесів конвекції в рідині на похибку вимірювання теплопровідності методом прямого підігріву термістора / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, А. М. Матвієнко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2017. – № 4. – С. 121–130.

46. Терещенко М.Ф. Багатофункціональні фізіотерапевтичні апарати комплексної дії / Терещенко М.Ф., Кулик З.В. // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Приладобудування. - 2010. - № 40. - С. 159 - 165.

47. Цапенко В.В. Дослідження електропровідності біологічних тканин / В.В. Цапенко, М.Ф. Терещенко // XV Міжнародна науково-технічної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»: Матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ, 2016. – 180 с., С. 92-93.

48. Тимчик Г.С., Терещенко М.Ф., Вислоух С.П., Паткевич О.І. Дипломне проектування : метод. вказівки до викон. дипломних проектів для студ. напряму «Приладобудування» спец. «Медичні прилади і системи» усіх форм навчання. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 104 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32089>.

49. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

50. Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г.С. Тимчик, І.О. Яковенко. - К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. - 288 с. ISBN 978-966-622-952-9 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>.

51. М.Ф. Терещенко, М.В. Чухраєв, І.Є. Тарасюк, К.М. Терещенко, “Модульні адаптивні фізіотерапевтичні апарати”, на XVII Міжнародній науково-технічній конференції “Приладобудування: стан і перспективи”, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2018, с. 120 - 121.

52. Терещенко М. Ф. Дослідження електропровідності біологічних тканин / Терещенко М. Ф., Цапенко В. В., Чухраєв М. В. // Вісник НТУУ 269 «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2017. – Вип. 53 (1). – С. 87-94. – <https://ela.kpi.ua/handle/1234567812509/2>

53. М. Ф.Терещенко Дослідження впливу лазерного випромінювання на температурні процеси в біологічних тканинах / М. Ф.Терещенко, Г. С. Тимчик, О. Г. Ляшенко, О. С. Гнатейко. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2015. – №49. – С. 153–158.

54. Кокодий Н.Г. Тепловые процессы в коже человека при облучении лазерными импульсами / Н.Г. Кокодий, В.А. Тиманюк, А.М. Коробова // Матеріали XLVII Міжнародної науково-практичної конференції «Застосування лазерів у медицині та біології».–2017.–С. 137–139.

55. Швидкий В.В., Терещенко М.Ф. Лазерні технології в медичному приладобудуванні / АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ // Матеріали 5-ї Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів 17-18 листопада 2016 р. / Тернопіль – ТНТУ, 2016. – 396. С. 340 – 341

56..Швидкий В.В., Терещенко Н.Ф. Динамика изменения и определения параметров лазерного излучения в биологических средах / Приборостроения – 2017 // Материалы 10-й Международной научно-технической конференции в 2 томах. Том1. 1-3 ноября 2017 г. / Республика Беларусь, г. Минск, 2017, БНТУ- 265 с. С. 158 – 159.

57. Швидкий В.В., Терещенко М. Ф. Динаміка змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2017.– Вип. 54(2)/ 2017 ,– С.111-117.. (фахове видання)

58. Швидкий В. В., Терещенко М. Ф.,Чухраєв М.В., Яковенко І.О., Аналіз глибини проникнення та розсіяння лазерного випромінювання різних типів випромінювачів / Лазерна хірургія. Матеріали науково-практичної конференції «Лазерні технології в клінічній медицині: сучасні тенденції розвитку в Україні» / укл. В.В. Холін, А.В. Корунець. – Черкаси:Вертикаль. Видавець С.Г. Кандич, 2018.-298 с. іл.– С. 284-288.

59. Патент України № 124608 опубл. в бюл. № 7, 2018 р. 10.04.2018 р Заявка № 201712340 від 13.12.2017 р Лазерний терапевтичний апарат. Терещенко М.Ф., Швидкий В.В., Чухраєв М.В., Паткевич О.І., Шевченко В.В.

60. Швидкий В. В., Терещенко М.Ф, Моделювання змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах// Матеріали XI науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського – 126 с. С.96

61. Tymchik G.S., Tereshchenko M.F., Soroka S.O., Tereshchenko M.M. Control over influence of the magnetic field parameters on a biological object/ XIII International PhD Workshop OWD 2011, 22–25 October 2011 - с. 295- 299

62. М. Ф. Терещенко, А. Ю. Кравченко, М. В. Чухраєв, А. Ю. Курлянцева, “Вплив ультразвуку терапевтичних інтенсивностей на кластерну структуру дистильованої води”, Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Приладобудування, № 51 (1), с. 126-131, 2016.

63. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч.3. – Лазерні біомедичні системи : навчальний посібник / [Кожем'яко В. П., Готра З. Ю., Павлов С. П. та ін.]. – Вінниця : ВДТУ, 2000. – 143 с.

64. G. Tymchik, M. Tereshchenko, O. Lyashenko, O. Gnateyko, “Research of the influence of laser radiation on temperature processes in biological tissues” // Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute ", Series: Instrumentation. - 2015. - Issue 49. pp. 153-158

65. Данилюк І.А., Шмендель О.Г., Терещенко М. Ф. Комплекс лазеротерапії / Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2019.-546 с., С. 340-343

66. G. Tymchik, M. Tereshchenko, M. Pechena, “Monitoring of temperature changes during laser therapy”, Bulletin of National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Series: Instrumentation. – 2014. Issue 47. – pp.156-162.

67. Терещенко М. Ф. Оцінка та контроль ефективності впливу на біологічний об'єкт лазерним випромінюванням / М. Ф. Терещенко, С. П. Якубовський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – Вип. 44. – С. 90 – 97.

68. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / [О. А. Гавриш, С. О. Солнцев, В. В. Дергачова та ін.]. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – 27 с.

69. Tymchik G.S. The temperature method of control in a magnetotherapy / G.S. Tymchik, M.F. Tereshchenko, V.U. Rudyk // XIV PhD Workshop OWD 2012, Wisla. - P. 318-324.

70. Поліщук В. В. «СТАРТАП ПРОЕКТИ ТА ЇХ ОЦІНЮВАННЯ» Конспект лекцій / В. В. Поліщук. – Ужгород, 2016. – 74 с.

71. Розробка маркетингової стратегії [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://polka-knig.com.ua/article.php?book=536&article=26841>.

72. Шмендель О.Г., Данилюк І.А., Терещенко М. Ф. ПРОЦЕСИ ЗМІН ГРАДІЄНТІВ ТЕМПЕРАТУР В БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИНАХ ПРИ ДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ / Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2019.-487 с., С. 337-340

73. А.Г.Карпушева, Н.Ф. Терещенко, «Аппарат полихроматической и лазерной терапии» на 12-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов 17-19 апреля 2019 *Новые направления развития приборостроения*, Минск, БНТУ, 2019, с. 260-261.

74. О.Г.Шмендель, И.А.Данилюк, Н.Ф. Терещенко, «Датчики аппаратов лазеротерапии для определения типа кожи» на 12-й Международной научно-

технической конференции молодых ученых и студентов 17-19 апреля 2019 *Новые направления развития приборостроения*, Минск, БНТУ, 2019, с. 274-275.

75. М.Ф. Терещенко, М.В. Чухраєв, К.М. Терещенко , «Адаптивні системи та апарати фізіотерапії» на XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», ПБФ, КПІ ім.Ігоря Сікорського, 15-16 трав.2019 р., Київ, Україна, 2019.–224 с., С.127-128.

76. Карпушева А.Г., Терещенко М.Ф. Автоматизована система лазерної терапії // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.196-199

77. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [навч. посіб.] / В. С. Антонюк, Л. Г. Полонський, В. І. Аверченков, Ю. А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

## ДОДАТОК А.

### Список наукових та навчально-методичних праць Карпушевої Анастасії Геннадіївни

/п	Найменування	Характер праці	Вихідні дані	Обсяг, стор	Співавтори
	2	3	4	5	6
	Автоматизована система лазерної медицини	<b>Стаття</b>	Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 08-09 грудня 2020 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. - 2020.	4	Терещенко М. Ф.
	Автоматизована система лазерної терапії	<b>Стаття</b>	Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р. – К. : ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.196-199.	4	Терещенко М. Ф.
	Аппарат полихроматической и лазерной терапии	<b>Тези</b>	Новые направления развития приборостроения // Материалы 12-й Международной научно-технической конфер. молодых ученых и студ. 17-20 апреля 2020 г. / Минск, БНТУ, 2020, - с.260-261.	2	Терещенко М. Ф.
	Апарат лазерної та поліхроматичної терапії	Патент	Патент України №137211 від 10.10.2020 р.	5	Терещенко М.Ф., Шмендель О. Г., Чухраєв М.В.

Автор, магістрант

Карпушева А.Г.

Список засвідчую

Декан ПБФ

Тимчик Г.С.

## **ДОДАТОК Б.**



Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря  
Сікорського"  
Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів

## Магістерська дисертація на тему: "Автоматизована система лазерної медицини"

Виконав:  
студентка гр. ПБ-92мп  
**Карпушева А.Г.**  
Науковий керівник:  
Терещенко М. Ф., доцент, к. т. н.

Київ – 2020

### ● Вступ

- Автоматизовані системи лазерної медицини (**АСЛМ**) належать до числа нових в медицині пристроїв, поява яких пов'язана з технологічними розробками в області автоматизації, оптичної фізики, біоінженерії та фізіології і показує високу ефективність в лікуванні захворювань.

- Розвиток напрямку **автоматизації**, в свою чергу, **мінімізує дію людського фактор** під час проведення медичних процедур та маніпуляцій, що на даний момент є, на жаль, вагомою причиною суттєвої кількості невдалих операцій, а також лікарських травм спричиненими неналежними медичним втручанням.

### ● Об'єкт дослідження

- Дія лазерного випромінювання на біологічну тканину

### ● Предмет дослідження

- Автоматизована система лазерної медицини.



- **Наукова новизна одержаних результатів**

- Встановлені параметри оцінки однорідності площинної щільності лазерного променя з виходу оптичного волокна

- **Практичне значення одержаних результатів**

Роботи проводились на основі завдань:

- Цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017.
- Договору про співробітництво між ПБФ НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського" та ТОВ НМЦ «Мединтех» №5/2014 від 10.07.2014 р.
- Отримане та впроваджене в виробництво нове технічне рішення «Апарат лазерної та поліхроматичної терапії». (Патент України № 137211).

3

- **Мета**

- розробка та дослідження автоматизованої системи лазерної медицини, яка є безпечною в проведенні медичних процедур.

- **Задачі**

- Провести критичний огляд сучасного стану автоматизованих систем лазерної медицини;
- Досліджені тенденції та напрямів розвитку автоматизованих систем;
- Шляхи ефективного вирішення проблеми невідповідності заданих параметра лазерного випромінювання в системах лазерної медицини дійсним нормованим значень потужності, температури та площинної щільності випромінювання під час процедури.
- Дослідження та характер застосування в системах різних типів оптичних волокон

4

## АНАЛІЗ І КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТА АПАРАТІВ ЛАЗЕРНОЇ МЕДИЦИНИ



Рис. 1. Ринок діючих апаратів і систем

5

## ОСНОВНІ ТИПИ ЛАЗЕРІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЛАЗЕРНІЙ МЕДИЦИНІ

Тип лазера	Довжина хвилі		Pmax
	Основна	Інші можливі	
Nd:	1,06 мкм	0,53 мкм, 0,355 мкм, 0,266 мкм	
CO2	10,6 мкм	9,6 мкм	
He-Ne	633нм	3,391 мкм- ИК, 543 нм – зелений, 594 нм – жовтий, 604-612 нм – помаранчевий	100 мВт
Ar	488 нм – блакитний 515 нм – зелений	Ряд дискретних ліній в діапазоні 350-530 нм (УФ-зелений)	30 Вт
Kr	530 нм – зелений 568 нм – жовто-зелений 676 нм – червоний	Ряд дискретних діній в діапазоні 350-800 нм (УФ-ИК)	10 Вт
На барвниках	400-900 нм змінна в діапазоні шириною 500-100 нм для кожного лазера		

6

## ПОРІВНЯННЯ ПОГЛИНАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВОДОЮ ТА КРОВ'Ю

Лазер	Показник поглинання, см-1		Середня глибина проникнення	
	Вода	Кров	Вода	Кров
CO2	$10^3$	$10^3$	10 мкм	10 мкм
Nd:	$10^{-1}$	4	10 см	<2 мм
Ar	$10^{-3}$	330	10 м	30 мкм

7

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОВЩИНИ ШАРУ ПОШКОДЖЕНЬ ВІД ТРИВАЛОСТІ ВПЛИВУ



Довготрива лість впливу	Термічна глибина проникнення
1 нс	0,02 мкм
1 смкс	0,7 мкм
1 мс	23 мкм
1 с	0,72 мм
1 мин	5 мм

8

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЛАЗЕРОТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ



Рис. 2. Класифікація лазерних терапевтичних апаратів

9

## КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ЛАЗЕРНОЇ МЕДИЦИНИ



10

## ЧИСЛОВА АПЕРТУРА ТА УМОВА ОДНОМОДОВОСТІ ВОЛОКНА

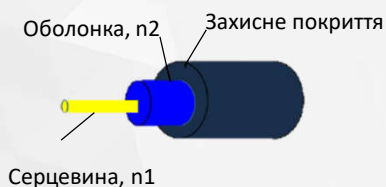


Рис. 3. Будова ОВ

$$\frac{\sin \Omega_m}{\sin \theta} = \frac{n_1}{n_0} \quad (1.1)$$

$$\sin \Omega_m = n_1 \sin \theta = n_1 \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.2)$$

$$NA = \sin \Omega_m = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.3)$$

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot NA}{\lambda} \quad , \text{ де має виконуватись умова } V = 2.405 \quad (1.4)$$

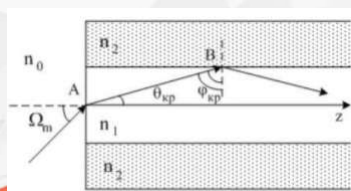


Рис. 4. Вхідження променя до ОВ

11

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ ТЕРАПІЇ НА БАЗІ ЛІКА-ТЕРАПЕВТ-А

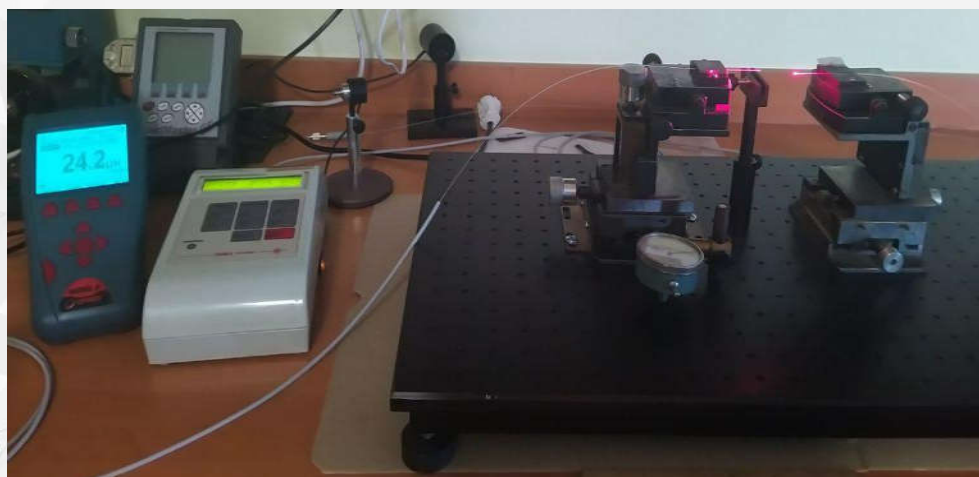


Рис. 5. Фото дослідної установки під час проведення дослідження

12

## Дослідна установка оцінки рівномірності опромінення

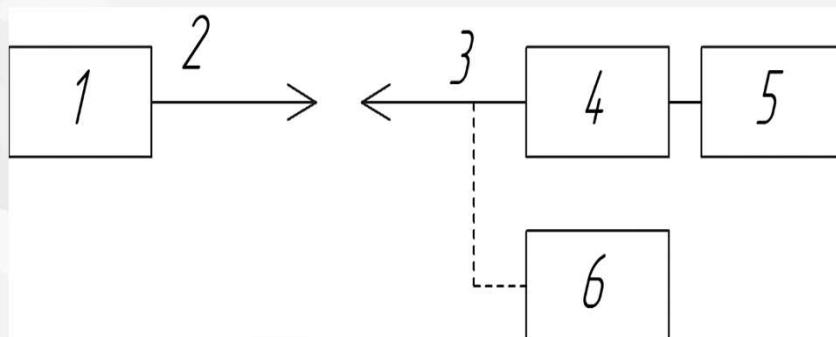


Рис. 6. Схема експериментальної установки

13

## ПРИНЦИП ВИМІРЮВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОТУЖНОСТІ В ПЛОЩИНІ

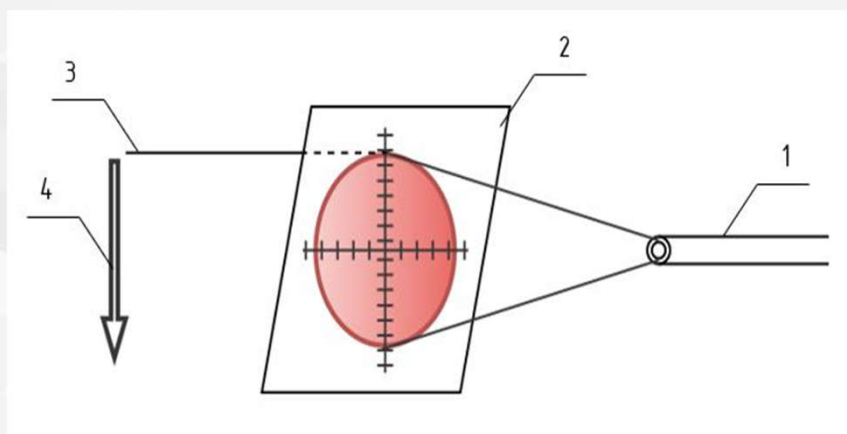


Рис. 7. Принцип проведення вимірювання

14

## ЗМІНА ЗНАЧЕНЬ ПОТУЖНОСТІ ЗОН ОПРОМІНЕННЯ З ЧАСОМ

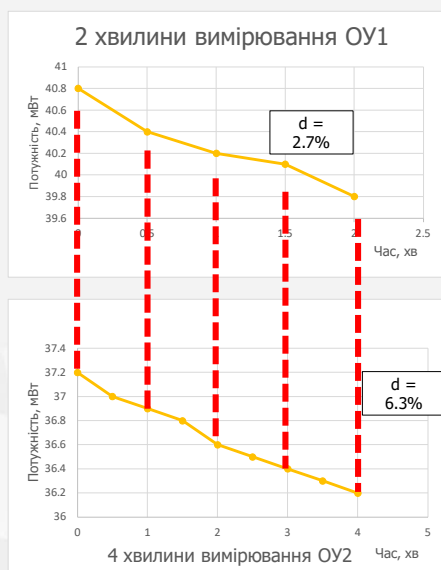


Рис. 8. Часові діаграми зміни потужності

15

## ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПО ДІАМЕТРУ ЗРІЗУ ЗОНИ ОПРОМІНЕННЯ

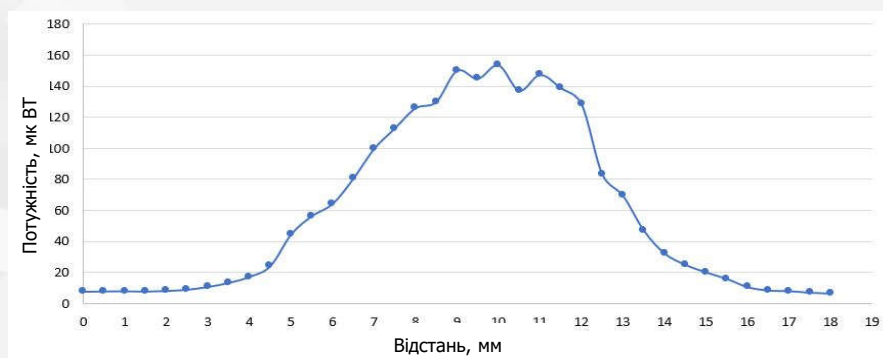
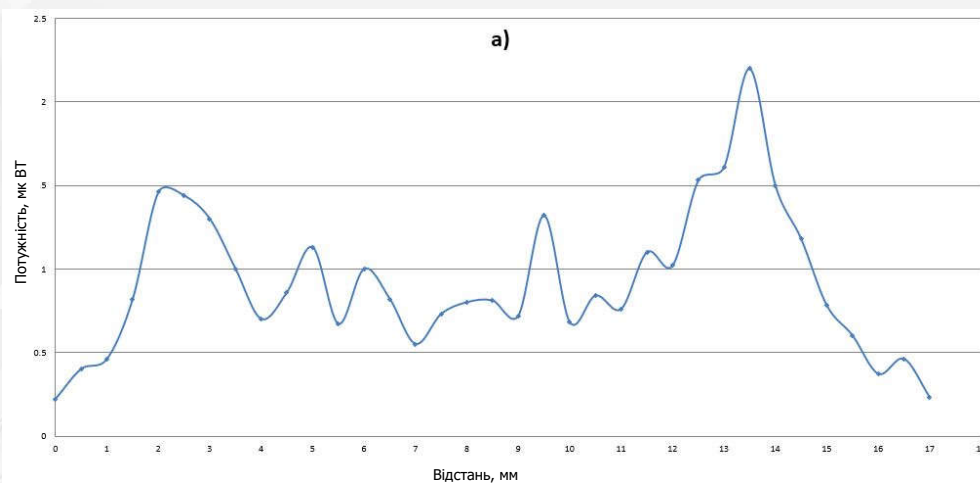


Рис. 9. Розподіл потужності випромінювача №1 по діаметру зрізу зони опромінення з оптоволокна

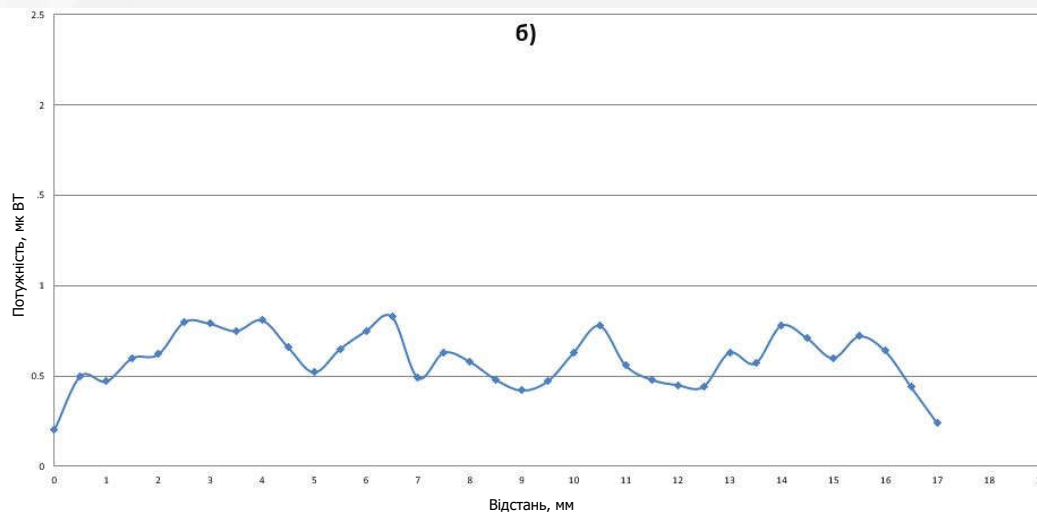
16

## РОЗПОДІЛ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАЧА ЗРІЗУ КВАРЦЕВОГО ОПТОВОЛОКНА



17

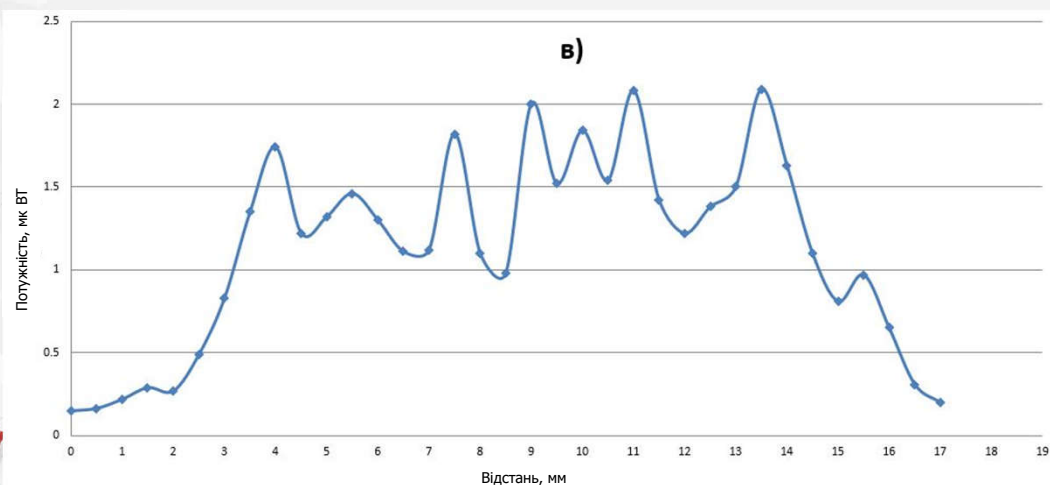
## РОЗПОДІЛ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАЧА ПОЛІМЕРНОГО ОПТОВОЛОКНА



18



## РОЗПОДІЛ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАЧА МОДИФІКОВАНОГО ОПТОВОЛОКНА



19

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ МЕДИЦИНИ

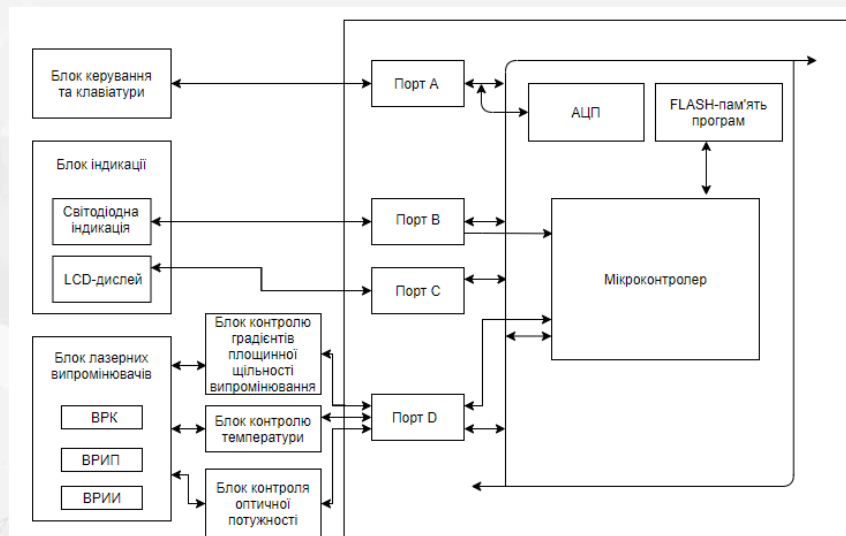


Рис. 10. Структурна схема автоматизованої системи лазерної медицини (АСЛМ)

20

## РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ АСЛМ

- Ринкова комерціалізація проекту є досить висока, оскільки наявність високого попиту споживачів на продукцію вітчизняного виробництва є високою (в зв'язку з її доступністю); відносна відсутність обмежень для входу; позитивна динаміка ринку медичного обладнання; середня норма рентабельності більша ніж банківський відсоток.
- Враховуючи динамічний розвиток ринку медичного обладнання та високого попиту споживачів, низьку інтенсивність конкуренції і присутність відмінностей вище вказаного продукту від продуктів конкурентів, тому можна вважати доцільно впроваджувати проект в подальшому.

21

## ВИСНОВКИ

- Проведено огляд та критичний аналіз сучасного стану апаратів лазерної медицини;
- Запропоновано класифікацію автоматизованих систем лазерної медицини ;
- Проведення дослідження рівномірності площинного опромінення по зрізу оптоволока;
- Досліджена апертура та рівномірність опромінення для різних типів оптоволокон;
- Досліджена часова стабільність площинного опромінення для апарату Ліка-терапевт М;
- Розроблено ефективну структурну схему та новий принцип побудови автоматизованого системи лазерної медицини (АСЛМ); - **патент України № 137211**;
- Основна перевага автоматизованої системи – блок контролю параметрів оптичної потужності;
- Підтверджена можливість тривалого і стабільного використання в якості світловода полімерного оптичного волокна при передачі лазерного випромінювання довжиною хвилі 1060 нм в терапевтичному діапазоні потужностей

22

## ПУБЛІКАЦІЇ

- **Карпушева А.Г.**, Терещенко М. Ф. Автоматизована система лазерної медицини / Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ ", 08-09 грудня 2020 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С. 283-286. **стаття**
- **Карпушева А.Г.**, Терещенко М.Ф. Автоматизована система лазерної терапії //Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ", 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.196-199 **стаття**
- **Карпушева А. Г.** Аппарат полихроматической и лазерной терапии / А. Г. Карпушева, Н. Ф. Терещенко. // Новые направления развития приборостроения // Материалы 12-й Международной научно-технической конфер. молодых ученых и студ. 17-20 апреля 2020 г. / Минск, БНТУ, 2020,- с.260-261. **тези**
- **Патент України №137211** Апарат лазерної та поліхроматичної терапії від 10.10.2019 р..

23

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

24

## **ДОДАТОК В.**



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ТОВ «НМЦ Мединтех»

  
(підпис) Чухрасв М.В.  
(ініціали, прізвище)

« 30 » листопада 2020 р.

**АКТ  
впровадження в виробництво матеріалів магістерської дисертації**

на тему: **Автоматизована система лазерної медицини**

виконану студенткою гр. ПБ- 92мп **Карпушевою Анастасією Геннадіївною**

Проведені роботи та дослідження виконані в магістерській дисертації відповідають завданням державної цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017 р. та договору про співробітництво між ПБФ НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського” та ТОВ « НМЦ Мединтех» №5/2014 від 10.07.2014 р. впроваджені в наше виробництво на основі наступних підстав:

Результати розробки і дослідження є актуальним при створенні нових типів автоматизованих апаратів та систем лазерної медицини, запропонована класифікація таких апаратів та систем, розглянуті та проаналізовані їх принципи побудови та структурні схеми, запропонована методика розрахунку оптимальних параметрів впливу лазерного випромінювання на біологічну тканину (БТ) , з врахуванням можливості перегріву тканин , розробки схеми та конструкції автоматизованих апаратів і систем, згідно Програми пріоритетних досліджень на 2015-2020 рр.

1. В роботі запропоновано методику розрахунку параметрів дії на біосередовище та отриманий **патент України** на нове технічне рішення – апарат лазерної та поліхроматичної терапії (**патент України № 137211**), їх результати впроваджені в «НМЦ Мединтех».

2. Результати досліджень , методика розрахунків, схеми та структури автоматизованих апаратів лазерної медицини були використані в спільних роботах ТОВ « НМЦ Мединтех» та НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Отримані результати по магістерській дисертації використовувалися в підрозділах ТОВ « НМЦ Мединтех» в 2019-2020 рр.

## **ДОДАТОК Г.**



УКРАЇНА



# ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 137211

АПАРАТ ЛАЗЕРНОЇ ТА ПОЛІХРОМАТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.10.2019.

Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України

Д.О. Романович





(21) Номер заявки: u 2019 03363

(22) Дата подання заявки: 03.04.2019

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2019

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.10.2019, Бюл. № 19

(72) Винахідники:

**Терещенко Микола Федорович, UA,**  
**Карпушева Анастасія Геннадіївна, UA,**  
**Шмендель Оксана Григорівна, UA,**  
**Чухраєв Микола Вікторович, UA**

(73) Власники:

**Терещенко Микола Федорович,**  
 вул. Градинська, 6, кв. 76, м. Київ, 02034, UA,  
**Карпушева Анастасія Геннадіївна,**  
 вул. Металістів, 4, к. 505, м. Київ, 03057, UA,  
**Шмендель Оксана Григорівна,**  
 вул. Олександра Архипенка, 12/3, кв. 222, м. Київ, 04211, UA,  
**Чухраєв Микола Вікторович,**  
 вул. Івана Пулюя, 3, кв. 282, м. Київ, 03048, UA

(54) Назва корисної моделі:

**АПАРАТ ЛАЗЕРНОЇ ТА ПОЛІХРОМАТИЧНОЇ ТЕРАПІЇ**

(57) Формула корисної моделі:

Апарат лазерної та поліхроматичної терапії, що містить у своєму складі високочастотний генератор електричних сигналів, регулятор вихідної потужності, імпульсний модулятор і перетворювач з п'єзокристалічною пластиною, що має електроди з обох сторін, яка жорстко встановлена на підкладці, під кутом до її площини, простір між ними заповнений компаундом, а зовнішня сторона підкладки є робочою поверхнею перетворювача і має можливість контакту із зонами поверхні тіла людини, високочастотний генератор підключений через керований низькочастотний імпульсний модулятор до регулятора вихідної потужності, виконаного у вигляді атенюатора, з'єднаного з електродами, при цьому апарат містить постійні магніти, закріплені на робочій поверхні перетворювача, а кути між п'єзокристалічною пластиною і підкладкою можуть змінюватися від  $-45^\circ$  до  $+45^\circ$ , поліхроматичний перетворювач виконаний у вигляді драйвера світлодіодного з матрицею на RGB-діодах, виготовленою з можливістю контакту із зонами поверхні тіла людини, а атенюатор з'єднаний з драйвером через перемикач на три положення свічення - червоним, зеленим та синім світлом, причому за допомогою високочастотного генератора та імпульсного модулятора регулюються частоти та сила світла, а поліхроматичний перетворювач розміщений в ергономічній ручці-корпусі, який відрізняється тим, що містить блоки живлення, управління, клавіатури, індикації та лазерний випромінювач, що розміщений в виносній рукоятці, та блок контролю оптичної потужності з фотоприймачем, причому блок живлення з'єднаний з мережею живлення та блоком управління, а до блока управління під'єднані блоки клавіатури, індикації, контролю оптичної потужності, що з'єднаний з фотоприймачем, та лазерний випромінювач і поліхроматичний перетворювач.



Державне підприємство  
«Український інститут інтелектуальної власності»  
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документу з ідентифікатором 2543211019 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org/uk/services/original-document/>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документу та натиснути Завантажити.

Уповноважена особа Укрпатенту

10.10.2019



I.E. Матусевич